НАУКА ВЕЛИЧАЙШИЕ ТЕОРИИ

КЕПЛЕР

движение планет

4

Танцы со звездами

DeAGOSTINI

КЕПЛЕР движение планет

4

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Иоганн Кеплер был глубоко религиозным человеком. Благодаря своему научному подходу он создал образ мира, отражающего всю полноту Божественной гармонии. Сформулированные им три закона движения планет дали изящное математическое объяснение наблюдениям Тихо Браге, подтвердили выводы Коперника и проложили путь открытиям Ньютона. Как и многие другие первопроходцы в науке, Кеплер занимался дисциплинами, которые сейчас мы называем эзотерическими, в частности, астрологией. Со временем он стал знаменитым астрологом: к его услугам прибегали принцы и короли. Но ни высочайшее покровительство, ни набожность ученого не спасли его от ужасных последствий религиозных войн, пылавших в то время в Европе.

- Эдуардо Баттане Лопец
  -
  - Введение
  - ГЛАВА 1 Астролог и мечтатель
  - ГЛАВА 2 Астроном
  - ГЛАВА 3 Астрофизик
  - ГЛАВА 4 Предвестник современной науки
  - ГЛАВА 5 Писатель
  - Список рекомендуемой литературы

Эдуардо Баттане Лопец

Кеплер. Движение планет. Танцы со звездами.

Наука. Величайшие теории Выпуск № 4, 2015
Еженедельное издание
Пер. с исп. – М.: Де Агостини, 2015.- 160 с.

Иоганн Кеплер был глубоко религиозным человеком. Благодаря своему научному подходу он создал образ мира, отражающего всю полноту Божественной гармонии. Сформулированные им три закона движения планет дали изящное математическое объяснение наблюдениям Тихо Браге, подтвердили выводы Коперника и проложили путь открытиям Ньютона. Как и многие другие первопроходцы в науке, Кеплер занимался дисциплинами, которые сейчас мы называем эзотерическими, в частности, астрологией. Со временем он стал знаменитым астрологом: к его услугам прибегали принцы и короли. Но ни высочайшее покровительство, ни набожность ученого не спасли его от ужасных последствий религиозных войн, пылавших в то время в Европе.

ISSN 2409-0069
Eduardo Battaner Lopez, 2012 (текст)
RBA Collecionables S.A., 2012
ООО «Де Агостини», 2014-2015
Иллюстрации предоставлены:
Age Fotostock; Album; Archivo RBA; Jakob Bartsch; Corbis; Eduard Ender; Ettore Ferrari/Jastrow; Joseph Heintz el Viejo/ Museo de Historia del Arte de Viena; Sir Godfrey Kneller; Meister des Marienlebens; Mysterium Cosmographicum; NASA; NASA/ESA/J. Hester amp; A. Loll (Universidad Estatal de Arizona); NASA/ESA/ JHU/R. Sankrit amp; W. Blair; Pachango; Photoaisa; Piotr Rotkiewicz; Anthony van Dyck/Pieter de Jode el Joven.

Введение

Иоганн Кеплер был удивительной личностью. Мы понимаем, что он сделал, но не можем понять, как ему это удалось. Творения ученого изумляют, восхищают и даже заставляют благоговеть, но вызывают и недоумение. Кеплер заложил фундамент современной физики, основываясь, как это ни парадоксально, на средневековой мысли, и наряду с великими открытиями проповедовал невероятно наивные идеи. Во многих книгах ученого на одной странице можно встретить записи личного характера, примеры мистической восторженности и стилистического украшательства, религиозные размышления и формулировки теорем, тщательно составленные таблицы, выведенные новые законы, исправленные ошибки и объективные аргументы. И вся эта мешанина совершенно разрозненных элементов в голове Кеплера складывалась в последовательную картину.

Сейчас легко, изучив достижения и ошибки ученого, говорить: «Это он сделал верно, а это неправильно», «Здесь он попал в точку, а здесь ошибся» и, наконец, «Как он вообще мог сказать такое?». Наследие Кеплера включает и великие истины, и бессмыслицы. Однако стоит помнить об особенностях эпохи, когда творил ученый, об обстоятельствах рождения науки и поблагодарить Кеплера за то, он помогал появиться на свет современному знанию.

Достижения ученого колоссальны. Не умаляя ничьих заслуг, можно сказать, что если бы Коперник не поставил Солнце на полагающееся ему место, это сделал бы кто-нибудь другой. И если бы Галилей не направил свой телескоп в небо, кто-нибудь другой направил бы его. Однако сложно представить, что кто-нибудь другой смог бы сделать то, что сделал Иоганн Кеплер.

В годы его жизни Европа переживала очередную эпоху потрясений, и глубоким качественным изменениям сопутствовали исключительные события. Человек шел вперед гигантскими шагами, и вслед за Возрождением в сфере искусств началось Возрождение в сфере науки. В эти годы она расцвела благодаря стараниям нескольких людей, среди которых обязательно должно быть имя Кеплера.

К развитию науки привели несколько событий. Изобретение Иоганном Гутенбергом книгопечатания и быстрое распространение печатных станков по всей Европе сделало книгу доступной, вручило тем, кто жаждал знаний, всю мудрость древних мыслителей. Благодаря печатному станку культура из

монастырей перешла в университеты. Открытие Америки Христофором Колумбом, первое кругосветное путешествие Фернана Магеллана и Хуана Себастьяна Элькано позволили европейцам своими глазами увидеть, как велика Земля.

Европу объединяло христианство и общий язык образованных людей того времени – латынь, что давало основу для колоссального научного скачка.

Конечно, слабый европейский мир был разрушен религиозной разобщенностью и конфронтацией между протестантами, лютеранами, гугенотами, католиками. Все эти потрясения угрожали и научному будущему самого Иоганна Кеплера. Из-за лютеранских воззрений он был изгнан из Граца, Праги и Линца, то есть практически отовсюду, где работал.

Научные открытия, сделанные, когда Кеплер был еще ребенком, подготовили почву для настоящей революции. Датский астроном Тихо Браге имел в своем распоряжении целый остров Вен для проведения наблюдений и, работая в обсерватории Ураниборг, ни в чем не нуждался. Однако самым выдающимся событием того времени стала публикация работы польского астронома Николая Коперника De revolutionibus orbium coelestium («О вращении небесных сфер», 1543), в которой ученый заявил: если Земля вращается вокруг Солнца, то рассчитать положения планет достаточно просто.

Человечество не было готово к этому открытию. Лютер и его последователи категорически отвергли идеи Коперника, а относительная терпимость католиков объяснялась только тем, что работа астронома была посвящена папе Павлу III. Научная реакция на гелиоцентрическую гипотезу также не была однозначной, и в определенный период времени в университете Саламанки можно было получить образование в области астрономии на базе как системы Коперника, так и системы Птолемея, однако вскоре на большей части Европы нетерпимость взяла верх.

Кеплер был очень религиозен. При этом его религиозность и склонность к научному познанию были так тесно переплетены, что первая становилась опорой для второй. Кеплер считал, что Бог создал мир геометрически совершенным. А поскольку человек создан по образу и подобию Божьему, значит, он способен познать мир и донести до других людей геометрическую красоту божественного творения.

Религиозностью ученого во многом можно объяснить и его извилистый научный путь, и частые переезды в поисках безопасного места для работы (противостояние католиков и протестантов в годы жизни Кеплера проходило самую острую

стадию и особенно кровопролитным было на севере Германии, где родился ученый, а также в Австрии и Богемии, где он провел большую часть своей жизни). Кеплер из-за своей приверженности к свободной интерпретации Библии был отвергнут даже братьями по вере.

С другой стороны, католики и особенно иезуиты были бы рады увидеть в своих рядах столь уважаемого ученого, но Кеплер не воспользовался этой возможностью. Он покинул Грац ради Праги, Прагу – ради Линца, Линц – ради Сагана. Мыслитель переезжал с места на место в поиске мира и покоя, но религиозные конфликты словно преследовали его. Если бы Кеплер отрекся от своих убеждений, он мог бы наконец обрести дом или вернуться на родину, в университет Тюбингена, но его принципиальность делала этот шаг невозможным.

Модель мира Коперника была отвергнута как Лютером, так и папой, однако Кеплер сразу же воспринял ее и защищал всю свою жизнь. Из-за этого его книги вошли в список запрещенных, но, как совершенно справедливо заметил один из друзей астронома, именно такую литературу читали больше всего.

Впрочем, несогласие с церковью осложняло жизнь многим. Коперник, спасаясь от гонений, заявил, что предложенная им идея о движении Земли является всего лишь математической уловкой для облегчения расчетов (Кеплер по этому поводу отметил, что после прочтения книги польского астронома ни один здравомыслящий человек не сможет принять постулат о неподвижности Земли). Галилею, чтобы сохранить жизнь, пришлось отказаться от своих идей и провести последние годы под неусыпным надзором инквизиции, под домашним арестом. Джордано Бруно был заживо сожжен. Кеплером восхищались кальвинисты и лютеране, католики и иезуиты, но это не мешало отцам церкви выживать ученого отовсюду, где он пытался обосноваться.

Тетя Кеплера, которая и занималась его воспитанием, была объявлена ведьмой и сожжена. Его мать также была обвинена в колдовстве и связях с дьяволом и посажена в тюрьму. Астроном выступил адвокатом на процессе, используя весь свой ум и авторитет, однако рассмотрение дела растянулось на долгие годы. Ученому удалось добиться освобождения матери, однако выйдя из тюрьмы, она не прожила и нескольких месяцев.

В жизни и работе Кеплера важную роль играла астрология, которая сосуществовала в его голове неразрывно с астрономией. Некоторые считают, что ученый не верил в астрологию, хотя и был вынужден заниматься ею на посту придворного математика. В обязанности Кеплера, помимо всего прочего, входило

составление календарей и натальных карт, все его меценаты были просто очарованы астрологией и ожидали от своего протеже предсказаний. Календари Кеплера должны были включать метеорологические прогнозы, а также персональные, политические или военные пророчества. Более того, Кеплер пользовался огромным уважением именно как астролог. Впрочем, он действительно мог попасть под очарование астрологии. Архив ученого полон вопросов астрологического характера. Кеплер даже думал, что сможет предсказать собственную смерть, – он предполагал, что умрет в тот момент, когда планеты расположатся так же, как и при его рождении.

Кеплер вошел в историю благодаря трем законам движения планет, которые сегодня носят его имя. Формулировка этих законов звучит следующим образом.

– Первый закон: каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

– Второй закон: каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причем за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.

– Третий закон: квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит.

Важно понимать, что для Кеплера планетарная система охватывала практически весь мир. Все остальное, включая неподвижные звезды, не представляло для него такого же интереса, как Солнце и планеты, занимающие центр Вселенной.

Кеплера можно считать первым астрофизиком, то есть человеком, которому пришло в голову, что физика и астрономия связаны между собой и движением звезд управляют физические законы, а не абстрактная геометрическая модель, как считалось раньше. Как видите, в голове ученого мирно уживались три поколения науки: бабушка (астрология), мать (астрономия) и дочь (астрофизика). Коллеги не понимали стремления Кеплера объединить физику и астрономию. В третьей главе, посвященной астрофизическому интересу ученого, особенно подчеркивается концепция всемирного тяготения. Кеплер не использовал это слово, но из его многочисленных заметок следует:

– Солнце является центром Вселенной. Оно излучает силу, подобную магнетической, которая придает планетам движение;

– эта сила ослабляется с увеличением расстояния, поэтому дальние планеты вращаются медленнее (в соответствии с третьим законом), а планеты, более близкие к Солнцу, быстрее (в соответствии со вторым законом);

– эта сила уменьшается так же, как свет уменьшается при отдалении от источника излучения (согласно отдельным записям ученого, свет слабеет пропорционально обратному квадрату расстояния);

– планеты оказывают сопротивление движению под воздействием Солнца пропорционально их массе;

– не только от Солнца, но и от Земли исходит сила, которая вызывает вращение Луны вокруг Земли;

– когда Земля и Солнце находятся достаточно близко от Луны, в результате их совместного воздействия лунные воды затопляют ее видимую сторону;

– когда предмет падает на землю, Земля также двигается навстречу предмету, но это движение обратно пропорционально массе, поэтому мы наблюдаем движение предмета, а не Земли.

Как мы видим, ход мысли Кеплера был близок ньютоновскому, и этот вклад ученого в науку способен затмить даже три его закона о планетарном движении. По этому поводу существует мнение, что «самым важным открытием Ньютона были записи Кеплера, которые тот сумел обнаружить среди кучи его бумаг». Однако это мнение не лишено наивности: чтение записей немецкого астронома требует бесконечного терпения.

Ученый очень подробно описывал ход своих изысканий, рассказывая и об ошибочных предположениях, и об окончательных выводах. Он сопровождал все свои ошибочные рассуждения математическими расчетами и таблицами, щедро использовал витиеватые литературные периоды, рассуждал на религиозные темы, так что Ньютон потратил бы уйму времени на такое изучение и формулирование на основании архива Кеплера трех своих законов.

Часто мы забываем о еще одной грани научной деятельности ученого – развитии геометрической оптики. Начав практически с нуля, на основе всего лишь предварительных исследований Ибн ал-Хайсама, Кеплер так подробно исследовал оптические системы, что в современных книгах по геометрической оптике используются не только его формулировки, но и рисунки. Было бы вполне справедливо, если бы классические схемы по геометрической оптике назывались диаграммами Кеплера или как-то в этом роде.

Ученый был очень внимателен к деталям. Если Птолемей или Коперник при астрономических расчетах считали допустимой погрешность в более чем 12 минут, то погрешность у Кеплера не превышает двух минут. Подобной точности он достиг благодаря использованию наблюдений Тихо Браге – лучших исходных данных, существовавших в то время.

Кеплера отличала огромная работоспособность и умение концентрироваться. Он успешно решал сложные научные задачи, одновременно участвуя в судебном процессе над своей матерью. Ему не мешали полностью погрузиться в вычисления даже военные действия, которые развернулись во время осады Линца прямо в доме ученого.

После смерти Тихо Браге Кеплер занял пост придворного математика при дворе Рудольфа И, и именно на него была возложена сложнейшая миссия – опубликовать так называемые Рудольфовы (или Рудольфинскиё) таблицы. Выполнение этой задачи и уточнение теории Коперника, которая легла в основу таблиц, потребовали двадцатилетнего труда, но Кеплер завершил эту огромную работу. К сожалению, довольно скоро таблицы устарели, однако другие труды ученого оказались бессмертными.

Чтобы охарактеризовать Кеплера как личность, достаточно сказать, что он был честным, красноречивым и в то же время замкнутым человеком со слабым здоровьем, неплохим отцом и хорошим сыном, любил полемику, был требователен к самому себе и скромен. Когда Кеплеру намекнули, что Галилей, скорее всего, воспользовался его идеями, ученый ответил: не важно, кто именно поможет проявиться красоте мира, главное – сделать это. И в то же время Кеплер требовал признания своих заслуг и имел высокое мнение о своей работе. Этот близорукий астроном знал, что происходит в небе в каждую минуту. Этот мыслитель Средневековья вручил Ньютону сокровище прямо в руки. И всю жизнь он искал гармонию мира.

Галилей отметил, что «Вселенная написана на языке математики». Возможно, впервые эта мысль прозвучала в Книге Премудрости Содомона: «Ты все расположил мерою, числом и весом». Известно также изречение святого Исидора: «Верховная из всех вещей – число». Достойное место в этом ряду цитат займут и слова Кеплера: «Геометрия была раньше мира, и была она Божественной. Бог подарил миру геометрическую красоту, и была она Его творением, и эта красота была в руках человеческих».

Такой геометрический способ познания мира не принят сегодня и не был распространен при жизни Кеплера: и Тихо Браге, и Галилей считали, что он может привести к абсурдным выводам, как часто и бывало. Однако если хочешь узнать творение, следует узнать человека, а наивность Кеплера давно стала притчей во языцех.

Его работы сегодня – целая страница в истории науки. В деятельности ученого можно выделить три аспекта: астрологический, астрономический и астрофизический. Строго говоря, астрология не является наукой, однако в ней зародилась

астрономия, а из астрономии, благодаря Кеплеру и Галилею, появилась астрофизика.

Вайль-дер-Штадт, Тюбинген, Грац, Прага, Линц, Саган, Регенсбург – вот лишь некоторые пункты на карте жизни ученого. Рассказ о его детстве и молодости, о его занятиях и вере в астрологию, о его геометрическом мистицизме при составлении планетарных орбит необходим, чтобы понять Кеплера. Возможно, его первые шаги кажутся ненаучными, однако не зная их, невозможно оценить последующие работы мыслителя.

Помимо прочего, Кеплера также можно считать создателем жанра научной фантастики. Его художественное творчество имеет исключительную важность, ведь с помощью одного небольшого произведения ему удалось убедить мир в истинности гелиоцентрической модели, причем убедить очень мягко и спокойно по сравнению с яростными дискуссиями на эту тему в XVI и XVII веках.

1571 Рождение Иоганна Кеплера в немецком городке Вайль-дер-Штадте.

1584 Поступает в семинарию в Адельберге, а затем переезжает в Маульбронн.

1588 Начинает обучение в Университете Тюбингена.

1594 Оставляет теологические занятия и принимает пост математика в Граце.

1597 Женится на Барбаре Мюллер. Публикует работу Mysterium cosmographicum («Тайна мира»), в которой доказывает преимущества модели Коперника. Через год, вскоре после рождения, умирает его первый сын.

1599 Умирает второй сын Кеплера. Ученый принимает приглашение Тихо Браге и приезжает в Прагу, однако после возникших разногласий возвращается в Грац.

1600 Кеплера выгоняют из Граца, и он снова возвращается в Прагу. Сотрудничество с Браге происходит в полной гармонии. В следующем году Браге умирает, Кеплер занимает его пост придворного математика.

1604 Публикуется его Astronomiae pars optica («Оптика в астрономии») – одна из работ, оказавших огромное влияние на развитие современной оптики. Два года спустя публикуется De Stella nova inpede Serpentarii («О новой звезде в созвездии Змееносца») – исследование о суперновой, вспыхнувшей в 1604 году.

1609 Публикация Astronomia nova («Новой астрономии»), которая содержит два первых закона Кеплера. Год спустя появляется Dioptrice («Диоптрика»), вторая работа, посвященная

оптике.

1611 Несчастья преследуют Кеплера: умирает его жена Барбара и еще один ребенок.

1612 Умирает Рудольф И, покровитель и защитник ученого. Лишившись поддержки в Праге, Кеплер ходатайствует о месте математика в Линце (Австрия).

1613 Кеплер женится на Сусанне Рютингер. Два года спустя его мать обвиняют в колдовстве.

1618 Умирает вторая дочь от первого брака ученого. Год спустя он публикует Harmonices mundi («Гармонию мира»), где формулируется третий закон Кеплера.

1621 После длительного процесса мать Кеплера освобождают, однако вскоре она умирает. Ученый публикует Epitome astronomiae Copemicanae («Коперниканская астрономия»), краткий итог всей своей работы.

1627 Кеплер переезжает в Ульм, чтобы лично контролировать печать Рудольфовых таблиц.

1628 Переезжает в польский город Саган, под протекцию генерала Валленштейна.

1630 Отправляется в Линц и 15 ноября, во время остановки в Регенсбурге, умирает от непонятной болезни.

ГЛАВА 1 Астролог и мечтатель

Сегодня довольно сложно представить, что один из величайших астрономов всех времен был и астрологом, – так же, как Ньютон увлекался алхимией. В годы жизни Кеплера астрология была занятием, которое не только хорошо оплачивалось, но и пользовалось уважением, хотя в его случае астрология и астрономия неразделимы. В научных изысканиях Кеплера немалое место занимает вера, из-за которой, возможно, некоторые идеи этого средневекового мечтателя кажутся нам сегодня абсурдными.

В одном из ничем не примечательных домов в швабском городке Вайль-дер-Штадт на юге Германии, на земле Баден-Вюртенберг, в 1571 году родился Иоганн Кеплер. В этой лютеранской деревне, основанной династией Гогенштауфенов, проживали последователи аугсбургской конфессии, хотя немало было и католиков, так что Кеплер рано стал свидетелем религиозных распрей, раздирающих Европу.

Его семья происходила из довольно знатного рода, однако к рождению Иоганна от этого статуса не осталось и следа. Семейство Кеплеров было достаточно большим и обитало в доме, который принадлежал дедушке и бабушке, Себальду Кеплеру и Катарине Мюллер. Сам дом был обустроен над сараем для животных, как было принято тогда в Швабии и других частях Европы.

Когда-то Себальд Кеплер был бургомистром города и в свое время даже сражался за Карла V, статуя которого была установлена на городской площади. Однако потом бывший бургомистр обеднел и, по словам его собственного внука Иоганна, стал «раздражительным, вспыльчивым, жестоким, упрямым». Не лучше внук отзывался и о бабушке, считая ее «суетливой, хитрой обманщицей, вспыльчивой и импульсивной, завистливой и злопамятной интриганкой».

Через четыре года после рождения сына, в 1575 году, его отец, Генрих Кеплер, отправился сражаться во Фландрию, в армию герцога Альбы, испанского капитана, который жестоко притеснял лютеран и кальвинистов. В Вайле плохо восприняли тот факт, что лютеранин из семейства Кеплеров вступил под знамена непримиримого католика. Мать Катарина, урожденная Гульдеманн, уехала вслед за мужем. Позже Генрих Кеплер чудом избежит виселицы, а Катарину обвинят в колдовстве.

[Мой отец был] солдат, развращенный, грубый и драчливый,

[а моя мать] – маленькая, грязная, болтливая и склочная.

Иоганн Кеплер, описание из гороскопа, составленного ученым для самого себя

Разные ветви Кеплеров жили в одном доме. Воспитанием маленького Иоганна занималась его тетя, которая позже была приговорена к сожжению заживо за связи с дьяволом. Известно, что у Иоганна был младший брат Генрих – эпилептик и откровенный шалопай. Собственно, и сам Иоганн не отличался крепким здоровьем.

В детстве он заболел оспой, которая повлияла на зрение мальчика, спровоцировав миопию и полиопию – дефекты, вызывающие раздвоение и умножение изображения в глазах. Заниматься астрономией при таком зрении было довольно трудно. Как говорил сам Кеплер, Сириус и Луна казались ему одного и того же углового размера!

Ученый очень подробно описал свое детство, составляя собственный гороскоп. Учитывая все обстоятельства, даже странно, что он не имел серьезных психических расстройств и не проявлял неуравновешенности. Напротив, Кеплер был довольно приятным, искренним и доброжелательным человеком, который пользовался всеобщей любовью благодаря своему характеру.

ИМПЕРИЯ И РЕЛИГИОЗНЫЕ ВОЙНЫ

Карта Европы в XVI веке менялась каждый день, однако жизнь Кеплера в основном протекала в границах древней Священной Римской Германской империи. После смерти императора Максимилиана I в 1530 году на престол взошел его внук Карл V. После его смерти произошел раздел, и новым императором стал брат Карла, Фернандо I. Затем его на троне сменил Максимилиан II, имевший 15 детей от Анны Австрийской и Португальской, дочери Карла V. Третьим из них был Рудольф II, император Германии, который и покровительствовал Кеплеру.

Рудольф II был правнуком Хуаны I Кастильской по прозвищу Безумная и, судя по всему, страдал от плохой наследственности. Рудольф II взошел на трон в 1576 году, а всего при жизни Кеплера сменилось еще трое Габсбургов: Матвей (1612), Фернандо II (1619) и Фернандо III (1637).

Испанская кровь династии сыграла определяющую роль в жизни ученого. Напомним, что Испания яростно защищала католическую Контрреформацию, а в Швабии господствовала лютеранская конфессия. Кеплер же всю жизнь жил в городах, расположенных на границе этих территорий, и из-за этого ученому приходилось сталкиваться с серьезными проблемами, связанными с религиозной нетерпимостью приверженцев обеих конфессий.

Рудольф II (1552-1612), император Священной Римской Германской империи.

Судя по воспоминаниям ученого, его родной дом не был местом, способствующим становлению, развитию и образованию. Кеплер сделал так много лишь благодаря своему исключительному уму. Он был не только одаренным астрономом, но и невероятно образованным человеком, которого интересовало множество религиозных, философских, литературных и научных вопросов. Никто не ожидал, что жизнь Кеплера будет такой долгой и плодотворной, что он заслужит вечное восхищение, а не умрет в детстве, как некоторые его родственники.

Противостояние между папистами и представителями аугсбургской конфессии было кровопролитным, иррациональным и безрезультатным, поскольку обе стороны верили практически в одно и то же. Представители обеих конфессий считали, что залог будущего – хорошее образование детей и юношества, поэтому и лютеране герцоги Вюртембергские, и иезуиты заботились о строительстве школ с высоким уровнем преподавания. Родители маленького Иоганна обосновались в Леонберге, и он некоторое время ходил в местную школу, ученики которой обязаны были говорить между собой на латыни. Образование мальчика было бессистемным, потому что семейство Кеплеров несколько раз

переезжало, а кроме того, занятия приходилось прерывать на период сельскохозяйственных работ, однако именно школе в Леонберге Иоганн обязан знанием латыни, на которой он вел переписку с самыми выдающимися учеными того времени и писал свои великолепные произведения.

В детские годы Кеплера ничто не указывало на его математические способности, во всяком случае, сам он нигде не пишет о своей ранней склонности к геометрии. Однако ученый приводит несколько воспоминаний о родителях, и, возможно, в этих случаях и следует искать истоки его научных интересов. Однажды мать отвела его на холм, чтобы Иоганн увидел комету, а как-то раз вместе с отцом он наблюдал лунное затмение, и его поразил ярко-алый цвет Луны.

МИХАЭЛЬ МЁСТЛИН

Среди учителей Кеплера особенно выделяется профессор астрономии Михаэль Мёстлин (1550-1631), с которым у ученого установились крайне интересные отношения, длившиеся всю жизнь. Мёстлин признавал способности Иоганна, много занимался с ним индивидуально, следил за открытиями ученого и вообще был первым, кому Кеплер сообщал о них. Он давал подопечному советы в его изысканиях и поддерживал с ним любопытную с научной точки зрения переписку. Позже Мёстлин прервал это эпистолярное общение, решив, что он больше не способен следить за разработками Кеплера: стоит отметить, что Мёстлин родился примерно на 20 лет раньше Иоганна и был ему не другом, а прежде всего учителем. Именно от него Кеплер узнал об идеях Коперника (1473-1543). Михаэль Мёстлин не рассказывал об этой теории на занятиях, так как гелиоцентрическая концепция считалась еретической, однако она стала предметом личного разговора учителя и ученика. Кеплер воспринял новые идеи с огромным воодушевлением и ни разу даже не усомнился в гипотезе польского астронома. Позже он напишет в своей Epitome astronomiae Copernicanae («Коперниканской астрономии»): «Я посчитал своим долгом и обязанностью выступить в защиту доктрины Коперника, которую я признал истинной для себя самого и красота которой наполнила меня восхищением».

ОБРАЗОВАНИЕ КЕПЛЕРА

Семья решила, что Иоганн должен стать священником. С одной стороны, мальчик был недостаточно выносливым для работы на земле, а с другой, возможно, он и сам рад был случаю покинуть родной дом. Кеплер всю жизнь проявлял крайнюю религиозность. Он шаг за шагом шел по пути священнослужителя: школа в Адельберге, высшая семинария в Маульбронне, университет в Тюбингене. Здесь он два года получал общее образование, посещая занятия по этике, диалектике, риторике, греческому языку и ивриту, астрономии и физике. Позже в течение трех лет юноша изучал собственно теологические предметы. И на каждой ступени обучения преподавателей поражали способности Иоганна, которые он подтверждал, с триумфом держа экзамены. Стоит отметить, что Адельберг и Маульбронн были старинными монастырями, в которых лютеранская Реформация организовала прекрасные школы и семинарии. Образование происходило на очень высоком уровне, все занятия были бесплатными, а студенты даже получали небольшую стипендию.

У Кеплера не сложилось близких отношений с товарищами, однако его очень ценили преподаватели. Приведем выдержку из отчета о заседании кафедры, направленного совету Вайля с прошением о продлении стипендии юноше:

«Вышеупомянутый Кеплер имеет ум настолько превосходный, от которого стоит ожидать великих свершений, и мы с нашей стороны желали бы оказать ему поддержку в его прошении, принимая к тому же во внимание его выдающиеся знания и способности».

Среди любимых книг юноши стоит упомянуть некоторые работы Николая Кузанского. Этот автор, в мыслях которого тоже бурлило редкое сочетание музыки и геометрии, оставил глубокий след в душе Иоганна.

Образование шло обычным путем, однако в последний момент, в 1594 году, Кеплер не был рукоположен в сан священника, как собирался, а занял пост преподавателя математики в протестантской школе в Граце. Произошло это после того, как ученый совет школы обратился в университет Тюбингена с просьбой предложить кандидатуру на вакантное место преподавателя, и университет дал свои рекомендации именно Кеплеру.

НИКОЛАЙ КУЗАНСКИЙ

Немецкий философ Николай Кузанский (1401-1464) значительно повлиял на научную деятельность Кеплера.

Он был одним из тех, благодаря кому произошел переход от средневековой философии к науке в ее современном понимании. Мистическое мышление Кузанского привело его к выводу, что мир, созданный по образу и подобию Бога, непознаваем и бесконечен, и это значит, что центра Вселенной не существует. А если Земля не может быть центром Вселенной и не существует никакой точки отсчета, то ни одно небесное тело не занимает во Вселенной «привилегированное» место – ни Земля, ни Солнце. Все они, включая Солнце, находятся в движении. Понимание Кузанским Вселенной отражено в его словах: «Вселенная – это круг, чей центр повсюду, а граница нигде». Или: «Земля не является центром ни восьмой, ни какой-либо другой сферы. Где находится наблюдающий, там и будет центр всего». Размышления Кузанского кажутся наивными, однако его выводы поразительно соответствуют современным принципам космологии: Вселенная является гомогенной и изотропной; все ее части однородны (принцип гомогенности) и все направления эквивалентны (принцип изотропности). Таким образом, во Вселенной не может быть особых точек, а также центра или границы.

Так будущий ученый стал школьным математиком, и хотя он никогда не собирался посвящать себя преподаванию или науке,

этот поворот судьбы оказался благом для всего человечества. На новом посту Кеплер должен был не только преподавать в Граце, но и составлять астрологические прогнозы. Вероятно, преподаватель математики из Кеплера был неважный: если в первый год у него еще было несколько студентов, то во второй – ни одного! Из-за этого будущему ученому поручили вести занятия по другим предметам, например риторике, истории или этике, а также, помимо уроков, он занимался альманахами, как тогда называли гороскопы. Астрология Кеплера заслуживает особого внимания. Случайно так вышло или нет, но его первые прогнозы были невероятно успешными: он пообещал сильные холода и нападение турецкого войска, и эти предсказания полностью сбылись.

«МИСТЕРИУМ КОСМОГРАФИКУМ »

Первая великая работа Кеплера вышла в свет в 1597 году и называлась Mysterium cosmographicum («Тайна мира»). Ее полное название таково: Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium coelestium: deque causis coelorum numeri, magnitudinisy motuumque periodiconim genuinis et propriis, demonstratum per quinque regularia corpora Geometrica, что означает «Вступление в космографические рассуждения, в котором описывается космографическая тайна о восхитительных пропорциях небесных сфер и об истинных причинах количества, величины и периодического движения неба, доказанное пятью геометрическими правильными телами».

Эта книга имела огромный успех, несмотря на абсурдную аргументацию и абсурдные же выводы. Почему так произошло? Прежде всего потому, что она была прекрасна. Сегодня, после длительного развития астрономии и критического пересмотра прошлых достижений, мы понимаем, что этот труд полон нелепиц. Но если бы мы были современниками Кеплера, мы бы не устояли перед силой его слова – как, собственно, и произошло с его коллегами. Работа сыграла важную роль в развитии астрономии, и это означает, что иногда к прогрессу ведут и ошибочные шаги.

В чем же состояла абсурдность выводов Кеплера? В частности, в том, что он предлагал следующий способ расчета расстояния от планеты до Солнца:

«Земля [имеется в виду орбита Земли] есть мера всех орбит. Вокруг нее опишем додекаэдр. Описанная вокруг додекаэдра сфера есть сфера Марса. Вокруг сферы Марса опишем тетраэдр. Описанная вокруг тетраэдра сфера есть сфера Юпитера. Вокруг сферы Юпитера опишем куб. Описанная вокруг куба сфера есть сфера Сатурна. В сферу Земли вложим икосаэдр. Вписанная в него сфера есть сфера Венеры. В сферу Венеры вложим октаэдр. Вписанная в него сфера есть сфера Меркурия».

Иными словами, орбита каждой планеты является сферой, которая описывает один из правильных многогранников и вписывает другой. Последовательность орбит и правильных геометрических тел такова: Меркурий, октаэдр, Венера, икосаэдр, Земля, додекаэдр, Марс, тетраэдр, Юпитер, куб, Сатурн.

Еще древние греки определили, что существует всего пять правильных многогранников, называемых Платоновыми телами, и все они приведены в этом перечне. Следовательно, посчитал Кеплер, вписать и описать вокруг них можно только шесть сфер, в каждой из которых находится планета. И это значит, что в Солнечной системе существует всего шесть планет.

К этому выводу ученый пришел путем одновременно гениальным и типично средневековым. Коперник поместил Солнце в центр Вселенной. Это означает, что Солнце – сердце, или царь космоса, оно создает силу, приводящую все планеты вокруг него в движение. Солнце, таким образом, символ божественного, от него исходит сила, которая заставляет планеты вращаться. С ростом расстояния это воздействие ослабевает, и планеты вращаются тем медленнее, чем дальше они находятся от Солнца.

Также Кеплер считал, что геометрия существовала еще до появления мира, поэтому она имеет Божественную, совершенную природу. Человек может понять красоту и совершенство геометрии только потому, что Бог создал его по своему образу и подобию и дал ему разум, способный восхититься Божественным замыслом и понять его. Если человек хочет понять мир, он должен спросить себя, какое творение своего разума он захотел бы сделать общим достоянием. И это творение, которое могут видеть все люди, должно быть идеально красивым. Конечно же, таким творением мог быть только космос, только звездное небо, которое одинаково прекрасно и для королей, и для обитателей лачуг.

Математика создает природный порядок, потому что с начала

времен Бог несет ее в самом себе, в самом простом и Божественном смысле.

Кеплер в своей работе Mysterium cosmographicum о создании Вселенной

Попробуем же постичь Вселенную и божественный замысел с помощью математики. Это позволит нам понять, почему существует именно шесть планет, почему расстояния от них до Солнца именно такие и почему чем дальше планета от Солнца, тем медленнее она движется.

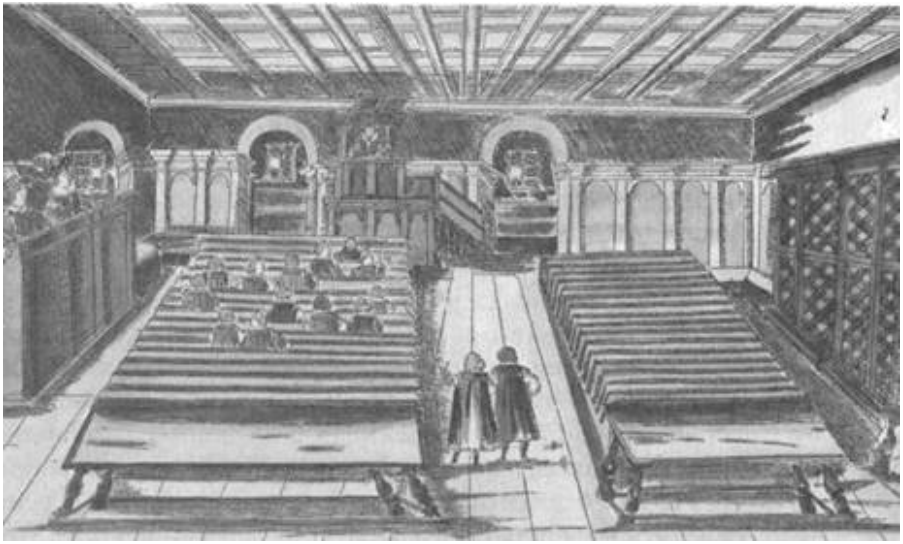
Именно такая последовательность рассуждений отражает ход мыслей этого геометра-мистика или мистика-геометра. Существует только пять правильных геометрических тел. Существует только шесть планет, расположенных описанным в Mysterium cosmographicum образом.

Кеплер писал в своей книге: «Большая часть вещей, которые существуют в мире, была создана благодаря любви Бога к людям».

Хотя книга была очень популярна и благодаря ей Кеплер смог посвятить свою жизнь поиску гармонии мира, она вызвала и критику. Ученый лично позаботился о том, чтобы экземпляр его труда получили самые выдающиеся умы того времени и, в частности, Тихо Браге. С точки зрения наблюдателей из XXI века, найти основания для критики этого трактата очень просто. Существовало не шесть планет, а шесть планет, известных Кеплеру. И ученый должен был предположить, что на самом деле планет может быть больше, но их сложно обнаружить из-за малых размеров, отдаленности и несовершенства инструментов для наблюдения.

Портрет Кеплера в детстве. Неизвестный автор.

Скульптура в родном городе Иоганна Кеплера Вайль- дер-Штадте (земля Баден- Вюртемберг).



Гравюра, выполненная примерно в 1600 году Людвигом Дитцингером, на которой изображена одна из аудиторий Университета Тюбингена, куда Кеплер поступил в 1588 году.

Кроме того, ученый произвольно упорядочил многогранники, чтобы их расположение совпадало с планетарными расстояниями. По прошествии первоначальной эйфории он обнаружил, что реальные расстояния, вычисленные Коперником, не совпадали с результатами расчетов на основании предложенного самим Кеплером метода многогранников, и решил, что между сферами, соответствующими орбитам, должен быть некоторый зазор, позволяющий уточнить данные. Однако даже обнаружив, что вычисленные расстояния не соответствуют действительности, Кеплер так и не отказалея от своей полиэдрической (основанной на идее многогранников) концепции мира. В работе Mysterium он говорил:

«Никогда я не смогу выразить в словах то счастье, которое почувствовал в связи с моим открытием. Уже не жаль было потерянного времени, уже не чувствовал страха перед работой и не опасался самых сложных расчетов. Я провел бы дни и ночи, играя с числами, пока не увидел бы, что мое решение совпадает с решением Коперника, или пусть ветра унесут с собой мое ликование».

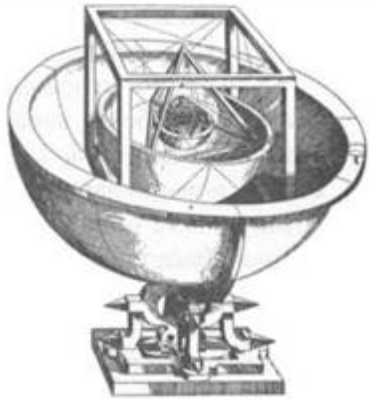
Кеплер был убежден: прежде чем приступить к работе, нужно постичь замысел Создателя. Очевидно, что современные ученые не являются приверженцами этой мистической методологии и не пытаются проникнуть в мысли Бога, чтобы открыть законы

природы.

Что же говорилось в прекрасной книге Кеплера о неподвижных звездах? Увы, он почти не рассматривал их, как и многие его современники. Звезды, которые назывались неподвижными в «восьмой сфере», не вызывали особого внимания в качестве астрономических объектов. Средневековое восприятие звезд заключалось в понимании их как крошечных отверстий, через которые просачивается божественный свет. В то время объяснить устройство Вселенной было равнозначно тому, что-бы объяснить Солнечную систему и расположение планет; это означало объяснить сам космос (что на греческом означает «порядок»). Кеплер думал, что Коперник перенес божественный свет с дальних окраин «восьмой сферы» к Солнцу, и его размышления, как это ни парадоксально, привели ученого к открытию третьего закона.

ЧАША МИРА

После издания Mysterium Кеплер сообщил о своем открытии не только ученым, но и властителям. Он хотел создать модель Вселенной в виде чаши, включающей структуры правильных многогранников и планет, и обратился к герцогу Вюртембергскому с просьбой о финансировании. Согласно представлениям ученого, в серебряной чаше примерно метрового диаметра должны были быть установлены драгоценные камни, символизирующие планеты, а из их орбит должны бить ключом различные напитки: из Солнца – aqua vitae («живая вода», водный раствор спирта,); из Меркурия – коньяк; из Венеры – мед; из Луны – вода; из Марса – крепкий вермут; из Юпитера – изысканное белое молодое вино, а из Сатурна – выдержанное крепкое вино или пиво. Герцог решил посоветоваться с авторитетным Мёстлином и, поскольку тот отозвался о проекте крайне положительно, приказал, чтобы Кеплер вначале сделал модель из меди.



Чаша мира, как ее представлял Кеплер.

Альтернативный проект

Кеплер вернулся в Грац. На изготовление макета ему отвели два месяца, однако даже через семь математик был далек от завершения. Вначале он захотел внести в модель изменения, сделав так, чтобы она воспроизводила положение планет в различные дни в течение целого века. Дальше этого срока Кеплер не заглядывал, «так как нельзя было ожидать, что [помимо Страшного Суда] такое произведение искусства простоит на одном и том же месте более сотни лет. Слишком много происходит войн, пожаров и других событий». Однако создать даже первоначальную модель было довольно сложной задачей, непосильной для ремесленников, а сам Кеплер для реализации своей идеи также не имел ни денег, ни необходимых умений.

Кеплер мог использовать уже знакомые ему формулы, однако выбрал более изящный, хоть и менее практичный путь. Хотя позже ученый корректировал свою теорию в соответствии с новыми данными, он никогда не переставал думать, что совокупность орбит и правильных геометрических тел, описанная Mysterium, действительно наилучшим образом отражает замысел Бога-геометра.

Ученый не только верил в Святую Троицу, но и видел в космосе ее воплощение: Отцом было Солнце, Сыном – планеты, а Святым Духом – «сила», движущая душой (anima motrix), жизненной энергией (vix motoria), мощью, с которой Солнце

влияет на планеты.

Издание Mysterium финансировалось Университетом Тюбингена, но Кеплер должен был оплатить лично 300 флоринов за 200 экземпляров книги. Получив тираж, он отправил 50 экземпляров профессору Мёстлину, чтобы тот при случае распространил труд среди коллег, а также передал свою работу другим ученым, в частности Галилею и Тихо Браге, в надежде получить от них критические замечания или, наоборот, одобрение. Чтобы добиться благосклонности властей Штирии, Кеплер посвятил работу им, и действительно, в благодарность ученому были выплачены 250 флоринов, которые почти покрыли его личные расходы на публикацию.

Первоначально рукопись включала главу о совместимости библейского слова и модели Коперника, однако ректор Университета Тюбингена заставил Кеплера убрать ее из книги, предполагая, что эта идея может вызвать ожесточенную полемику среди читателей и отвлечь их внимание от прекрасной теории о том, как соотносятся космические орбиты планет и правильные геометрические тела. Кеплер прислушался к совету и оставил полемику о соответствии Библии и науки для приватных бесед или для будущих трудов. И это было правильное решение, ведь в противном случае ученого в эти годы, на которые пришелся пик преследований со стороны инквизиции, ждала бы судьба Галилея или даже Джордано Бруно.

HARMONICES MUNDI («ГАРМОНИЯ МИРА»)

Эта работа, задуманная еще в Граце, была опубликована в 1619 году, хотя некоторые наброски к ней Кеплер начал делать задолго до этого, примерно в 1599-м, когда ученому было 28 лет. В труде, который не представляет никакой ценности с точки зрения современной физики и астрономии, речь вновь идет о фантазиях автора, основанных на божественной красоте и воле. Однако воображение Кеплера как способ мышления привело его к формулировке третьего из знаменитых законов. В любом случае, достойны уважения упорство и воображение мистика, философа, геометра и астронома, которые в этой книге соединяются с отличными знаниями музыкальной гармонии.

Для того чтобы углубить свои познания о музыке и гармонических созвучиях, Кеплер изучил крайне любопытную книгу Dialogo della musica antica et della modema («Диалог о

древней и современной музыке»), написанную Винченцо Галилеем (1520-1591), отцом всем известного Галилео Галилея (1564-1642). В своем труде Кеплер объединил астрономию, геометрию и музыку, которая, наряду с прекрасными архитектурными пропорциями или стихотворным ритмом, является одним из воплощений гармонии.

Кеплер глубоко изучал труды Евклида (около 325-265 года до н. э.) и беспредельно восхищался ими. Ученый писал, что читая Евклида, человек «осознает, что он движется благодаря лучам истины; его охватывает невероятный энтузиазм, и со всей ясностью, как с дозорной вышки, и с радостью угадывает он целый мир». Математик верил, что евклидовы «Начала», вершина геометрии, доказывают, что существует всего пять идеальных геометрических тел. Также он изучал Платона (около 428-347 год до н.э.) – философа, который отличался близкой Кеплеру энергичной, мощной манерой ставить вопросы, и «Гармонику» Птолемея (около 100 – около 170 года), удивляясь, как «в головах двух людей [настолько отдаленных друг от друга во времени], полностью погруженных в созерцание природы, может возникнуть одна и та же идея о гармонической форме».

Кеплер полагал, что музыка – дополнительный элемент для объяснения мира, и в присущей ему манере аргументировал это. Геометрия предшествует миру, имеет божественную природу или даже сама является Богом. Гармония музыки имеет такую же божественную природу. Бог создал человека по своему образу и подобию для того, чтобы тот мог понять геометрию и наслаждаться музыкой и таким образом постичь мир – совершенное творение Бога. Таким образом, красота геометрическая и красота музыкальная являются источниками наших астрономических знаний.

Чтобы оценить гармонию звука, необходимы как минимум два тона, образующие созвучие. При этом красота музыки, ее гармония улавливается и создается не музыкальным инструментом, а душой, которая наделена божественной чувствительностью и способна постичь гармонию. Даже необразованный человек, даже некоторые животные способны понять красоту музыки, потому что каждая созданная Богом душа уже содержит чистую гармонию и радуется, встречая эту гармонию в мире. Кеплер считал, что каждой планете соответствует своя мелодия. Отношению чисел, лежащему в основе музыкального интервала, соответствует отношение максимальной и минимальной угловой скорости планеты. Он говорил, что музыка несет в себе божественную гармонию, однако высшая музыка, «музыка сфер», может быть постигнута только

интеллектом или «чистыми душами и, в некотором роде, самим Богом».

Когда изливается мелодия небес, звучит божественная музыка.
Иоганн Кеплер

Нечто подобное происходило и с геометрией. Аристотель (384-322 год до н. э.) говорил, что такой фигуры, как круг, в реальности не существует – на эту мысль его наталкивали неидеальные очертания предметов и фигур в реальности. Кеплер, напротив, полагал, что круг – это концепт, который существует в душе изначально, потому что он предшествует миру, и человек постигает его благодаря своему подобию с Богом.

Прочитав Евклида, человек заново встречается с тем, что он уже знает благодаря своей природе. Так, очень давно было открыто, что квадрат длины стороны квадрата равен половине квадрата его диагонали.

Хотя книга Кеплера в целом полна фантазий, в «Гармонии мира» можно найти настоящие сокровища, такие как третий закон Кеплера, связанный с числовыми отношениями «музыки сфер».

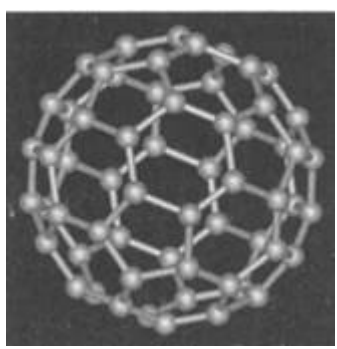
Кеплер называл познаваемыми многоугольниками те правильные многоугольники, которые можно было построить с помощью циркуля и линейки. К ним относятся, как он считал, треугольник, квадрат и пятиугольник, а также шести-, четырех- и десятиугольник. Однако в итоге познаваемых многоугольников оказывалось слишком много, так, многоугольник с 15 сторонами тоже был правильным и познаваемым, а позже Гаусс доказал, что к этой группе можно отнести многоугольники с 17 и 257 сторонами. Таким образом, теория Кеплера пошатнулась, и ученый начал искать критерий, который помог бы ограничить количество многоугольников и соотнести фигуры с нотами. Однако это ему не удалось, и тогда Кеплер задался вопросом: с помощью каких правильных многоугольников можно полностью замостить поверхность в окрестности некоторой точки? Кажется, что он думал о такой молекулярной форме, как фуллерены.

ФУЛЛЕРЕНЫ

Фуллерены – это чрезвычайно стабильные молекулы, состоящие из большого количества атомов углерода. Самый известный фуллерен, C60, сформирован 60 атомами и также известен как бакминстерфуллерен. Лучшим примером фуллерена в реальном мире будет обычный футбольный мяч.

Он состоит из шестиугольников, стороны которых являются также сторонами пятиугольников, чьи стороны, в свою очередь, являются сторонами шестиугольников. В результате получается почти идеальная сфера из шести- и пятиугольников. Форма футбольного мяча совпадает с формой фуллерена C60.

Также необыкновенно красивы фуллерены с луковичной структурой. Эти образования часто встречаются в межзвездном пространстве и особенно в планетарных туманностях. Они были обнаружены в Магеллановых Облаках, что доказала группа Сусанны Иглесиас-Грот, согласно исследованию которой фуллерены могут составлять до 25% межзвездной материи и вызывать космическое микроволновое реликтовое излучение.



Фуллерен, состоящий из пяти- и шестиугольников, имеет практически сферическую поверхность.

После некоторых размышлений Кеплер решил, что многоугольники и многогранники имеют мистические свойства, и открыл два правильных многогранника из так называемых звездчатых. Гораздо позже, в 1810 году, Луи Пуансо (1777-1859) заново открыл эти два многогранника и еще два новых, а в 1811-м Огюстен Луи Коши (1789-1857) доказал, что других правильных звездчатых многогранников, помимо этих четырех, не существует (рисунок 1).

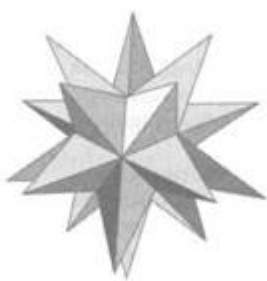
Чтобы представить, что такое правильный звездчатый многогранник, вообразим двенадцатигранник и на каждой из его граней поставим пятиугольную пирамиду такой высоты, что длина ее ребер будет равна стороне исходного

двенадцатигранника. Мы получим многогранник, все грани которого – равные треугольники. Это один из четырех правильных звездчатых многогранников.

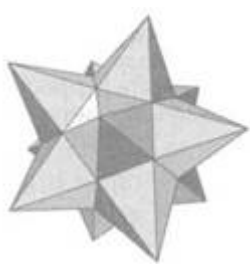
По Кеплеру, Земля имеет душу и наделена врожденной чувствительностью, которая позволяет ей распознавать аспекты других планет, то есть их взаимное расположение, и реагировать на них. При этом из недр Земли исходит влага, влияющая на погоду. Кеплер считал, что существует связь между погодой и расположением планет, он искал эту связь и даже «нашел ее».

Книга ученого полна постулатов, рожденных религиозной пылкостью автора, и иллюзий, поэтому она не является научной работой в современном смысле этого слова и поражает своей наивностью. Но несмотря на весь свой мистицизм, она опирается на точнейшие данные наблюдений. Не стоит забывать, что на момент публикации Harmonices mundi Кеплер располагал скрупулезными расчетами Тихо Браге.

Большой двенадцатигранник



Большой звездчатый двенадцатигранник



Маленький звездчатый двенадцатигранник

Большой двадцатигранник

РИС. 1

ВСЕЛЕННАЯ И МУЗЫКА

Еще пифагорейцы связывали музыку и ее гармонические созвучия с законами физики. И действительно, межзвездная среда – это не вакуум, она способна передавать волны Джинса, подобные звуковым. От звуковых эти волны отличаются тем, что при нарастании плотности и скорости прохождения волны после преодоления определенного порога гравитационные возмущения приводят к образованию звезд. Можно сказать, что волны Джинса сеют звезды на своем пути. Эти волны нельзя наблюдать с помощью радиотелескопа, но их можно увидеть. Собственно, это неудивительно: только ограничения человеческого зрения не позволяют нам наблюдать, как при прохождении обычного звука происходят мельчайшие изменения плотности, температуры или скорости на участках размером с длину волны.

Изображение, сделанное спутником WMAP, обнаруживает

колебания температуры космического микроволнового фона,показанные на иллюстрации различными оттенками серого цвета. Они датируются приблизительно 13 700 миллиардами лет.

Чистая нота

Можно говорить и о настоящей музыке – отважимся сказать «небесной» – космическом микроволновом фоне (Cosmic Microwave Background, CMB), или излучении, возникшем в результате Большого взрыва. Его колебания больше напоминают не шумовые помехи, а голос певицы или звук музыкального инструмента. При этом мы можем «увидеть» звуковые волны, наблюдая эффект Доплера (при движении источника звука происходит видимое изменение частоты волны), и различить изменение плотности благодаря красному смещению, предсказанному общей теорией относительности (эффект Сакса – Вольфа). Если бы кто-нибудь попытался выразить этот звук в децибелах, мы услышали бы чистейшие ноты.

АСТРОЛОГИЯ

Занимая пост математика в различных городах, Кеплер должен был составлять гороскопы или календари и консультировать своих меценатов. До сих пор неясно, занимался Кеплер астрологией по обязанности или действительно верил, что звезды могут предсказать будущее человека, города или страны. Астрологические опыты Кеплера могут показаться темным пятном в его биографии, однако таков был мир, в котором выпало жить ученому.

Вероятно, Кеплер все же верил во влияние звезд на людей и будущие события, хотя ему принадлежат и такие слова: «Люди ошибаются, думая, что от небесных светил зависят земные дела». Ученый писал астроному Мёстлину, комментируя свой собственный гороскоп («альманах»):

«Многое, что в нем содержится, должно быть сознательно оправдано, или он повредит моей репутации. Дело в следующем: я

не пишу для подавляющего большинства, а также для людей знающих или образованных, я пишу для знатных и для тех, кто делает вид, что разбирается в вещах, в которых ничего не понимает».

Также Кеплеру принадлежат слова: «Конечно, эта астрология – глупая дочка, но, Боже мой, куда бы делась ее мать, высокомудрая астрономия, если бы у нее не было глупенькой дочки! Свет ведь еще гораздо глупее и так глуп, что для пользы этой старой разумной матери глупая дочка должна болтать и лгать. И жалованье математиков так ничтожно, что мать, наверное, голодала бы, если бы дочь ничего не зарабатывала». Ученый формулировал свои пророчества столь путаным языком, что это усложняло их интерпретацию и спасало его от обвинений в несбывшихся предсказаниях. Когда его спрашивали о значении новой звезды – суперновой Кеплера – он отвечал:

«Когда дух, привычный к математической аргументации, размышляет о несовершенстве основ, он сопротивляется так же долго, как упрямый мул, пока побои и ругательства не вынудят его ступить в эту лужу».

С другой стороны, в своих частных записях ученый нередко обращается к астрологическим толкованиям положений звезд, признавая их влияние на свою собственную жизнь.

Необходимо признать, что Кеплер смотрел на астрологию с новой, исследовательской точки зрения и смеялся над теми составителями гороскопов, которые в погоне за известностью использовали «предрассудки и суеверия невежественных умов». Не подобало «серьезным людям и философам рисковать славой своего таланта и авторитетом из-за материи, которая из года в год наполняется смешными и бессодержательными догадками». Но эта точка зрения, определенно негативная по отношению к астрологии, сочеталась у Кеплера с твердым убеждением, что следует искать закономерные соотношения между знаками зодиака, положением звезд, особенно важном при рождении, и судьбами и наклонностями людей. Он говорил:

«Большая часть принципов этого арабского искусства никак не выражается, но все, что составляет часть секретов природы, не может быть ничем и поэтому не должно отвергаться как пустяк. Необходимо отделить драгоценные камни от навоза и воздать хвалу Богу, созерцая природу».

Ученый сам рассказывал, что звезды предвещали ему «брак скорее безмятежный, нежели счастливый». Обратился он к астрологии и при рождении первенца, однако, хотя предсказание было очень благоприятным, ребенок вскоре умер. Доподлинно известно, что Кеплер в исследовательских целях составил собственный гороскоп, для чего привел внушительное количество информации о своем детстве и отрочестве, чем очень облегчил задачу своих биографов.

При рождении человека в его душе отпечатывается созвездие, под которым он появился на свет, и положение блуждающих звезд, что определяет астральную карту При этом звезды задают направление, но не точную судьбу:

«Моими звездами были не утренний Меркурий в углу седьмого дома в квадратуре с Марсом, а Коперник и Тихо Браге, без дневников наблюдений которого все, что я сегодня смог вытащить на дневной свет, продолжило бы пребывать погребенным в сумерках; Сатурн не был повелителем Меркурия, но благородные императоры Рудольф и Матвей были моими властителями; обиталищем планет был не Козерог Сатурна, а верхняя Австрия, дом императора […]. Единственное влияние моего натального созвездия – то, что оно раздуло скромный огонек моего врожденного таланта и здравого суждения, вдохновило меня работать с постоянством и упорством и приумножило мою страсть к знаниям».

Часто ли гороскопы Кеплера сбывались? История ненаучных предсказаний всегда обманчива, потому что она опускает промахи и рассказывает лишь об успехах, а пророчество, допускающее двоякое толкование, может считаться истинным только с молчаливого согласия заказчика гороскопа. Однажды случилась сильнейшая буря, в точности совпавшая с предсказанием ученого, и люди вышли на улицы, славя Кеплера. А вот его метеорологические прогнозы на 1604 год оказались настолько бессмысленными, что некоторые даже посоветовали ученому бросить астрологию. Меценаты математика призывали его быть более конкретным в своих словах и не ограничиваться, например, предсказанием скорой битвы, а сказать, кто выйдет победителем.

ПЕРВЫЙ БРАК И РЕЛИГИОЗНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

По рекомендации своих друзей Кеплер женился на Барбаре Мюллер, родившейся в одной из деревень недалеко от Граца.

Ей было всего 23 года, однако для Барбары это был уже третий брак – оба ее супруга умерли. От первого мужа у Барбары осталась дочь Регина, к которой Кеплер всю жизнь испытывал глубокую нежность и привязанность.

Как уже было сказано, ученый был лютеранином и преподавал в Граце, в евангелистской школе, однако в соседнем регионе доминировали католики, паписты, иезуиты, Контрреформация. Кеплер не уклонялся от религиозных дебатов и с большим уважением относился к тем, кто имел другие убеждения.

Католики все больше распространяли свое влияние в Штирии и в конце концов утвердились в Граце. Сначала они запретили протестантским священникам приводить к причастию и совершать таинство венчания, а затем потребовали, чтобы проповедники евангелистской школы, где работал Кеплер, в восьмидневный срок покинули Грац. Ученого это требование также касалось, однако по неизвестной причине для него было сделано исключение. Возможно, эта благосклонность к молодому преподавателю математики была вызвана его энциклопедическими знаниями и нейтралитетом в религиозных спорах. Кеплер вернулся из изгнания в Грац и даже продолжал получать жалованье (впрочем, довольно скудное), однако школа была закрыта, и он больше не мог преподавать. Математику посоветовали заняться изучением медицины, и он уже собирался отправиться для этого в Италию.

Дело происходило в 1597 году. А в 1600 году религиозная обстановка в очередной раз обострилась, и Кеплеру был поставлен ультиматум: или присоединение к католической доктрине, или изгнание из Граца. Хотя ученый и не был ортодоксальным лютеранином, он не отрекся от своей веры и покинул город.

ГЛАВА 2 Астроном

Астрономия имеет две точки опоры: наблюдение и теорию. Судьба свела вместе двух астрономов – лучшего наблюдателя и лучшего теоретика, Браге и Кеплера. Однако их взаимное научное притяжение наткнулось поначалу на такую же сильную личную неприязнь. Впрочем, ученые смогли пересилить себя, и результат оказался грандиозным: три закона Кеплера о движении планет, первые шаги к созданию теории тяготения Ньютона. Тихо Браге хотел, чтобы Кеплер оставил Землю в центре мира. Однако коперниканец Кеплер ослушался Браге и поставил в центр мира Солнце.

Сотрудничество Тихо Браге (1546-1601) и Кеплера стало решающим для развития астрономии. Великий наблюдатель нуждался в великом теоретике, а великий теоретик не меньше нуждался в великом наблюдателе. Их встреча произошла в Праге – здесь оба нашли пристанище в результате изгнания из родных стран. После того как умер монарх – покровитель Тихо Браге, астроном был выселен со своего острова-обсерватории Вен в Дании. Его обвиняли в том, что он не принял за 18 лет ни одного причастия, однако главной причиной были расточительство Браге и деспотизм по отношению к местным жителям и слугам. Наблюдатель сменил несколько стран, пока наконец не получил в Праге должность математика при дворе императора Рудольфа И, серьезно увлекавшегося астрологией и астрономией.

Он обосновался в Бенатеке, городке неподалеку от Праги, и руководил строительством новой обсерватории. Воодушевленный император оказывал Браге всяческую помощь (впрочем, не всегда регулярную) для того, чтобы тот смог построить обсерваторию, ничем не уступающую Ураниборгу в Дании, где астроном работал раньше. Здесь Браге прочитал работу Кеплера «Тайна мира», которую тот отправил ему для комментариев и критики. Выдающийся астроном был восхищен прочитанным и пригласил молодого математика погостить. Кеплер воспользовался возможностью познакомиться с Тихо Браге и получить от него самые точные данные о планетах. Браге же надеялся, что математик приведет результаты его наблюдений в соответствие с моделью, согласно которой Меркурий и Венера вращались вокруг Солнца, а Солнце и другие планеты – вокруг Земли, которую Тихо Браге продолжал считать центром мира.

ТРИ МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ

На рисунке 1 воспроизведена модель Птолемея, основанная на интуитивном понимании Вселенной в соответствии с принципом «динамической демократии». Мы видим множество неподвижных объектов в нашем окружении и некоторые движущиеся звезды. Подсознательно мы считаем, что большинство объектов неподвижны, и на этом основании заключаем, что Земля также неподвижна. Система Тихо Браге изображена на рисунке 2. Эта модель считается переходной и немного усложненной. В действительности она не лишена зерна истины, потому что Меркурий и Венера никогда сильно не отдаляются от Солнца. Наконец, на рисунке 3 представлена система Коперника. На моделях не отмечены эпициклы. Модель Кеплера соответствовала модели Коперника, но отличалась эллиптическими орбитами.

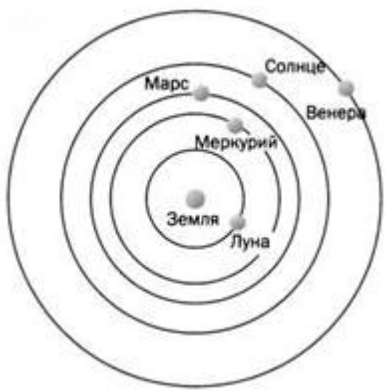


РИС. 1 Птолемеева модель.

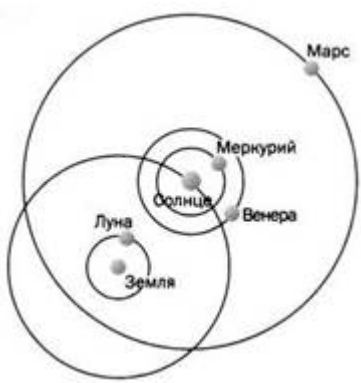


РИС. 2 Модель Тихо Браге.

РИС.3 Коперниканская модель.

Кроме этого, существовала модель Леверье – Эйнштейна с незамкнутыми из-за прецессии перигелиев орбитами, о которой мы поговорим чуть позже.

Именно из-за этого желания сотрудничество имело такое неудачное начало. Визит состоялся в 1599 году, Браге было на тот момент 53 года, а Кеплеру – всего 28. Но гораздо важнее была разница не в возрасте, а в характерах. Дворянин Браге был энергичным, авторитарным и экстравагантным. На острове Вен в его распоряжении были уникальные инструменты, множество слуг и ассистентов, коллекция технических изобретений, приборов, собственная типография и даже ручной лось. Во время дуэли астроном потерял нос и носил золотой протез, и это вкупе с другими необычными чертами сделало из него героя легенд. Помощников, которые ошибались в расчетах, Браге запирал в подземной тюрьме, и хотя с Кеплером он так поступать не собирался, изначально он посчитал юношу еще одним своим ассистентом, а не равным партнером. Кеплеру приходилось терпеть от властного хозяина дома насмешки, переменчивое настроение и любовь к выпивке, хотя при этом Браге все же проявлял определенную доброту и понимание.

Кеплер, напротив, происходил из низших слоев. Его тетя была сожжена как колдунья, а отец – искатель неприятностей – чудом избежал виселицы. Кеплер привык жить скромно и самостоятельно работать над интересующими его темами. Но в Праге он оказался в подчинении и вынужден был терпеть не только Браге и его родственников, но и зависть помощников астронома, которые ревниво наблюдали за тем, как молодой математик взял в работу часть их тем.

Как и следовало ожидать, вскоре между исследователями

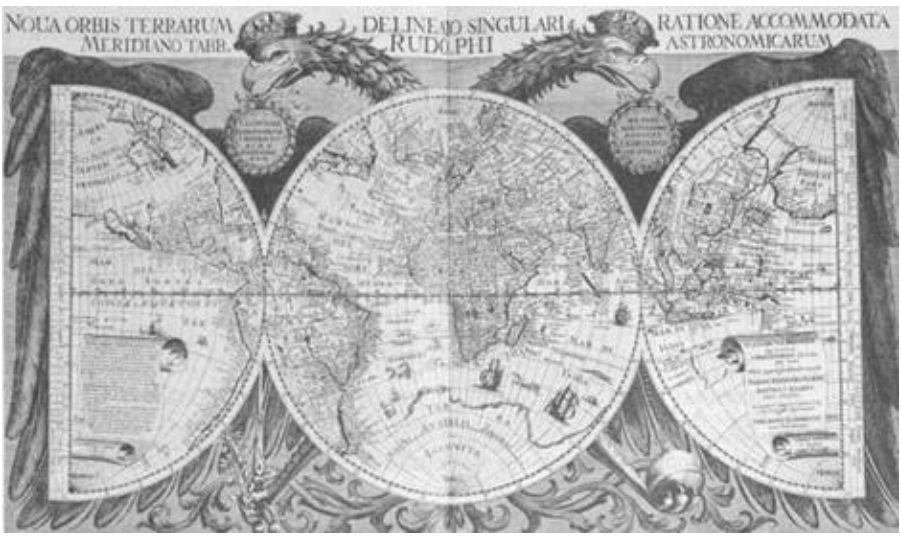
произошла ссора. Кеплер вернулся в Грац и написал Браге резкое письмо, за которым, впрочем, последовало еще одно письмо, теперь с извинениями. Кеплер обвинял себя в том, что не сумел оценить великодушие Браге, однако отмечал, что не претендовал на какие-то особые личные отношения и хотел всего лишь получать определенное жалованье и рассчитывал на уважение, соответствующее его работе и достижениям. После бури наступило затишье, и через три недели Кеплер вернулся в Прагу: ученые нуждались друг в друге и поэтому решили продолжить сотрудничество.

Условия работы были такими: Кеплер должен получать свое жалованье в 200 флоринов в Граце, а Браге в дополнение к этому постарается получить от императора еще 100 флоринов надбавки. (Самому ему за работу полагались 3000 флоринов.) Кроме этого, Браге брал на себя обязательство получить у Рудольфа II разрешение на то, чтобы Кеплер остался работать в Богемии в течение двух лет.

Однако в это время в Граце развернулись непредвиденные события. Папистская нетерпимость усилилась, и перед Кеплером был поставлен ультиматум: изгнание или переход в католичество. Ученый не пожелал отказаться от своей веры и выбрал изгнание.

Гравюра, на которой изображен Тихо Браге (слева), беседующий с Иоганном Кеплером.

Иллюстрация к одной из работ Браге, Historia coelestis («История неба», 1666), на которой изображен Ураниборг.



Планисфера, включенная в Рудольфовы таблицы, содержащие ценные астрономические данные, собранные Тихо Браге.

Кеплер всегда защищал идею примирения католиков, протестантов и кальвинистов, за что испытывал гонения со стороны всех участников противостояния: убежденные лютеране считали его отступником и при этом были солидарны с

папистами, которые заявляли, что теория Коперника является еретической.

Итак, Кеплер был изгнан из Граца. Хотя Грац не был его родиной, в этом городе родилась его жена, здесь жили многочисленные друзья и почитатели ученого. Кеплер оказался практически на улице. Он не знал, может ли вернуться в Прагу, ведь предложенные Браге условия подразумевали, что он сохранит свое жалованье в Граце, а теперь это стало невозможным. Кроме того, Кеплер не был уверен, что сработается со своенравным датчанином. Что и говорить, на сердце у него было нелегко.

Однако Браге проявил щедрость: он пообещал позаботиться о том, чтобы Кеплер получал достаточное жалованье. Все еще сомневающийся Кеплер обратился к Мёстлину с просьбой помочь ему получить пост в одном из немецких университетов. Он был бы рад работать в Тюбингене или Линце, который находился неподалеку от Граца и позволял не обрывать родственные связи его жены и дружеские связи самого Кеплера. Ученый разослал прошения повсюду, но, так и не дождавшись ответов на свои письма, все же отправился в Прагу. Как оказалось позже, он ничего не потерял: ответ из Линца так и не пришел, а в письме Мёстлина, которое Кеплер получил уже в Праге, тоже не было ничего утешительного. Учитель не смог найти место для своего талантливого ученика.

К счастью, во второй раз сотрудничество Браге и Кеплера оказалось удачным. Ученые поняли друг друга и даже сблизились. На щедрость Браге Кеплер ответил благодарностью и признательностью, которые сохранил на протяжении всей жизни. Браге предчувствовал скорую кончину и знал, что только Кеплеру может поручить завершение работы всей своей жизни – составление таблиц с данными, точность которых не имела аналогов в истории.

НОВАЯ МОДЕЛЬ: ДЖОРДАНО БРУНО

На смену геоцентрической птолемеевой системе пришла гелиоцентрическая система Коперника. Не стоит забывать, что она также была не совсем правильной, поскольку предполагала, что Солнце – это центр Вселенной. Кеплер усовершенствовал модель, но продолжал придерживаться

исходного предположения, противоречащего современной науке. Однако смещение Земли с ее центрального места было шагом в верном направлении, и в результате следующих шагов Солнце также утратило привилегированное место во Вселенной. Об этом говорил еще Николай Кузанский. Итальянец Джордано Бруно, современник Кузанского, Кеплера и Галилея, защищал более современную космологическую систему: он говорил о том, что Солнце не является центром, а многие так называемые неподвижные звезды могут быть такими же светилами, как наше Солнце, и удерживать в своих системах такие планеты, как Земля. В концепции Бруно Солнечная система была одной из многих планетарных систем. Мы и сами сегодня утверждаем, что, помимо нашего мира, может существовать бесконечное количество других обитаемых миров. Однако шаги в этом направлении сделал Бруно в XVI веке. Речь шла не только о выборе между геоцентризмом или гелиоцентризмом. Существовала и третья, более интересная возможность: центром не являются ни Земля, ни Солнце. За свои воззрения Бруно в 1600 году был сожжен заживо на костре инквизиции.

Бронзовый барельеф работы итальянского скульптора Этторе Феррари, который изобразил Джордано Бруно перед судом инквизиции. Составляет часть статуи, воздвигнутой на площади Кампо деи Фиори в Риме, на том месте, где Бруно был сожжен.

Эти таблицы будут позднее названы Рудольфовыми. Браге и Кеплер отправились на прием к императору, который с воодушевлением встретил ученых. Кеплеру было назначено жалованье от империи, и начался самый интересный с научной точки зрения период жизни прославленного математика.

Семья Кеплера все еще оставалась в Граце. Кеплер и сам отправился туда для решения вопросов о наследстве умершего тестя. Приняли ученого в городе очень хорошо, однако само дело

с наследством ничем не закончилось, и путешествие в этом смысле оказалось бесполезным. Кеплер вернулся в Прагу с женой Барбарой и Региной, ее дочерью от предыдущего брака, к которой ученый испытывал искреннюю отеческую любовь. Были у него с собой также расчеты размера Марса.

Кеплер должен был полностью подчиняться Тихо Браге, очень требовательному во всем, что касалось его главного сокровища – данных наблюдений. Кеплер мог изучать их, работать с ними, но не перекладывать и тем более копировать либо использовать с какой-нибудь другой целью, помимо подтверждения теории Браге об устройстве Вселенной. Эта теория занимала промежуточное положение между птолемеевой и коперниканской, и сам Кеплер в нее не верил.

24 октября 1601 года Тихо Браге умер от поражения мочевого пузыря. Кеплер глубоко переживал смерть коллеги. К тому же после того как тело Браге было отправлено на родину, в Данию, над математиком вновь нависла угроза оказаться на улице. К счастью, этого не произошло. Император назначил его на освободившийся пост придворного математика и оставил в распоряжении Кеплера все инструменты и данные его предшественника и уважаемого друга. Единственным условием было составление Рудольфовых таблиц.

Таким образом Кеплер стал единственным владельцем сокровища, которым он страстно желал обладать. Его жалованье составило 500 флоринов в год – сумму, гораздо меньшую, чем получал Браге, но гораздо большую, чем когда-либо зарабатывал сам ученый. Впрочем, бывало, что эти выплаты довольно сильно запаздывали.

Без всякого сомнения, это был самый продуктивный период в жизни Кеплера как астронома и астрофизика.

СМЕРТЬ ТИХО БРАГЕ

Смерть Тихо Браге окружена тайной. Чаще всего утверждается, что он умер от задержки мочи, спровоцированной тем, что ученый вовремя не воспользовался туалетом во время королевского приема. Болезненная агония продолжалась 11 дней. В последнее время появилась гипотеза, что Браге умер от отравления, потому что в его волосах было обнаружена высокая концентрация ртути. Когда начали

искать причастных к убийству, подозрение пало на Кеплера. Некоторые даже утверждают, что он отравил своего коллегу, чтобы завладеть всеми данными наблюдений. Однако, зная характер Кеплера, эту нелепую гипотезу невозможно принять.

Благодарность

Кеплер был честным и порядочным человеком. Хотя его разногласия с Тихо Браге были довольно серьезными, особенно в его первый приезд в Прагу, позднее Кеплер испытывал глубокую благодарность к соратнику – единственному, кто помог ему после изгнания из Граца и кто всегда отдавал должное трудам Кеплера и его добросердечности. Большую часть своей жизни он посвятил завершению работы великого и экстравагантного исследователя и организовал публикацию Рудольфовых таблиц. Эту задачу Кеплеру поручил сам император Рудольф II. Он передал в распоряжение ученого все данные наблюдений Браге и самые совершенные в то время измерительные инструменты – предшественники телескопов. Кеплер завершил составление таблиц, считая эту миссию священной для сохранения памяти о своем почитаемом коллеге.

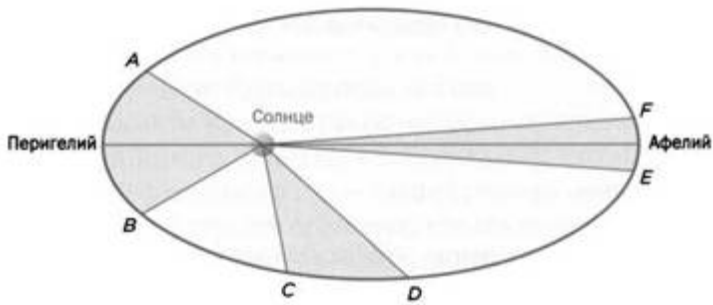
ТРИ ЗАКОНА КЕПЛЕРА

Приведем современную формулировку этих законов, а потом вспомним, как они появились. Итак, три знаменитых закона Кеплера:

– первый: каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце;

– второй: каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причем за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади;

– третий: квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит.



Площади Солнце-A-B, Солнце-C-D и Солнце-E-F, проходимые за одинаковые промежутки времени, равны.

Главная ось – это линия апсид, которая проходит от перигелия (самая близкая к Солнцу точка орбиты) к афелию (самая дальняя точка).

Первые два закона иллюстрирует рисунок. Эллипс – это геометрическое место точек плоскости, для которых сумма расстояний до двух данных точек (фокусов эллипса) постоянна. Это определение было предложено самим Кеплером, и согласно ему Джеймс Клерк Максвелл предложил для построения эллипса метод садовника. Для этого в точки фокусов эллипса втыкаются две булавки, к ним привязываются концы нити, затем с помощью третьей булавки нить между иголками оттягивается в сторону. Булавка, оттягивающая нить, скользит, описывая эллипс. В фильме «Агора» режиссер Алехандро Аменабар рассказывает легенду о том, что этот метод изобрела женщина-астроном Гипатия.

Максимальное расстояние от центра эллипса до его границы называется большой полуосью (обозначим ее как a). Минимальное расстояние от центра до его границы называется малой полуосью (b). Эксцентриситет орбиты, e, определяется с

помощью формулы:

$b = a(1-e2)½$

Когда эксцентриситет e равен нулю, b = a, эллипс является окружностью, а его фокусы совпадают в центре окружности. Когда e приближается к 1, эллипс становится все более вытянутым, приближаясь к отрезку при e = 1.

Второй закон подразумевает, что чем ближе планета к перигелию, тем больше ее скорость по сравнению со скоростью в афелии. Перигелий – это самая близкая к Солнцу точка орбиты, афелий – самая дальняя. При круговой орбите нет ни афелия, ни перигелия, и в этом случае скорость движения планеты постоянна.

Рассмотрим третий закон Кеплера для круговой орбиты с нулевым эксцентриситетом. В этом случае сила гравитационного притяжения, действующая на планету, равна ее массе под действием центробежной силы (V^2/d):

$$\frac{GMm}{d^2} = m\frac{V^2}{d},$$

где G является константой всемирного притяжения, M – массой Солнца, d – расстоянием планеты до Солнца и V – ее скоростью. G и M постоянны независимо от рассматриваемой планеты:

$V^2d =$ константа. [1]

Принимая во внимание формулу, которая соотносит линейную скорость V с угловой скоростью Ω,

$V = \Omega d$, [2]

и что период обращения T связан с угловой скоростью:

$\Omega = 2\pi/T$

подставив [3] в [2] и затем [2] в [1], получаем:

$d^3/T^2 =$ константа. [4]

То есть куб средних расстояний между планетами пропорционален квадрату периода обращения.

Как видите, чтобы сделать такой вывод, нам хватило половины страницы. Почему же Кеплеру не хватило целой книги? Стоит учитывать, что для выведения третьего закона Кеплера мы использовали закон тяготения Ньютона, в то время еще неизвестный. Более того, на самом деле все было с точностью до наоборот: это Ньютон, изучив законы Кеплера, сформулировал закон всемирного тяготения таким образом, чтобы эти законы исполнялись. Приведенные рассуждения, справедливые только при круговой орбите, – лишь способ запомнить третий закон Кеплера.

Приведем таблицу расстояний планет до Солнца. В первой колонке указаны названия планет, во второй – расстояния от них до Солнца в миллионах километров, в третьей – те же расстояния, но с использованием астрономической единицы, которая равна расстоянию от Земли до Солнца. В четвертой эти величины округлены, чтобы их легче было запомнить, и, наконец, в пятом столбце указано время, необходимое лучу света для преодоления этих расстояний.

Планета	В миллионах километров	В астрономических единицах	В астрономических единицах округленно	Время, необходимое лучу света для преодоления расстояния
Меркурий	58	0,387	1/3	3 мин
Венера	108	0,723	3/4	6 мин
Земля	150	1	1	8 мин
Марс	228	1,524	3/2	13 мин
Юпитер	778	5,203	5	45 мин
Сатурн	1427	9,539	10	1час 20 мин
Уран	2870	19,18	20	2 часа 40 мин
Нептун	4497	30,06	30	4 часа

В примере [4] описан третий закон Кеплера: куб расстояний пропорционален квадрату периодов, коэффициент пропорциональности зависит от G и массы Солнца. Однако представим, что нам неизвестны эти константы и мы хотим использовать третий закон Кеплера для того, чтобы узнать периоды планет на основе приблизительных расстояний из таблицы. Все окажется очень простым, если измерять расстояние в астрономических единицах (а.е.). Мы можем преобразовать в этих единицах предыдущую формулу: $T = d^{3/2}$ то есть если мы хотим узнать период обращения (сидерический период) планеты, нам нужно возвести расстояние в куб и извлечь квадратный корень.

Рассмотрим в качестве примера Венеру. При расстоянии до Солнца, равном 3/4 а.е., ее период составит 0,65 земного года. Для Марса при расстоянии 3/2 а.е. после использования приведенной формулы получим 1,8 земного года. Для Юпитера при $d = 5$ а.е. получим, что один год на Юпитере равен приблизительно 11 земным. Естественно, точность расчетов можно повысить, использовав неокругленные значения.

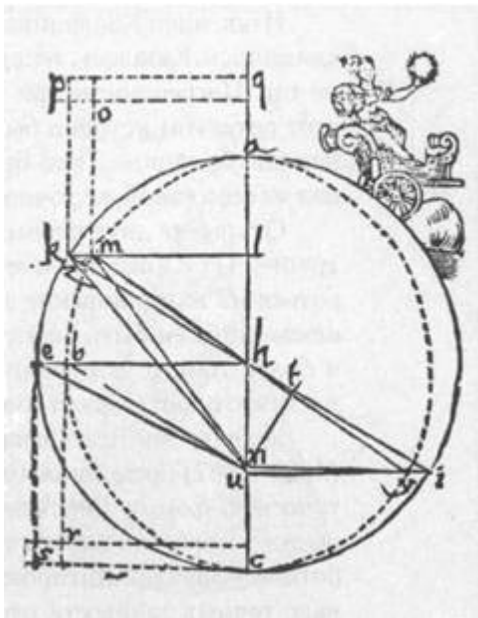
«НОВАЯ АСТРОНОМИЯ» (astronomia nova)

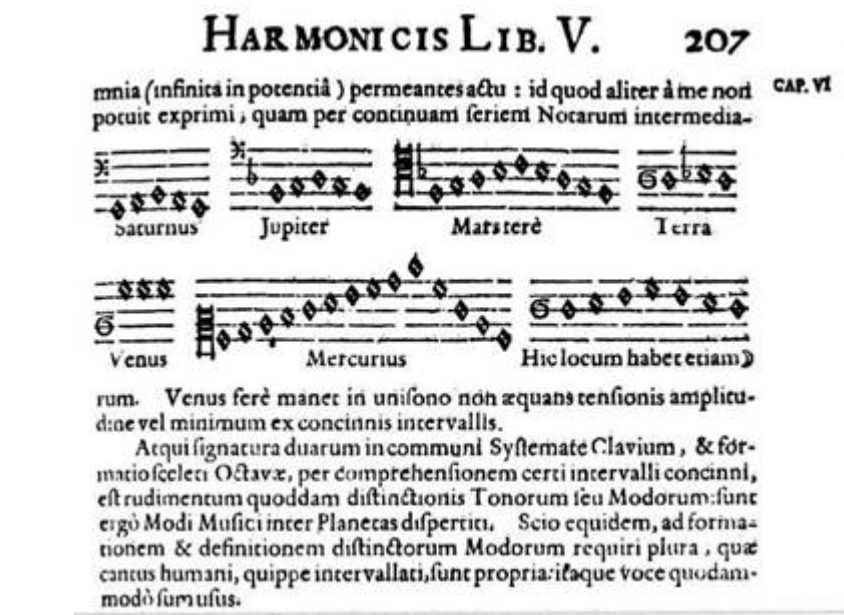
Можно считать, что этот труд Кеплера – первая современная книга по астрономии. В ней приведены два из трех законов великого ученого, причем любопытно, что второй закон идет перед первым. Третий закон, как мы писали, появился только в Harmonices mundi, следующей книге. Astronomia nova была написана в 1605 году и опубликована в 1609-м. Ее полное название звучит так: Astronomia nova seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis («Новая астрономия, или Физика небес, изложенная в комментариях о движениях звезды Марс»).

Хотя в названии говорится о планете Марс, законы Кеплера справедливы для всех планет. Марс оказался в названии потому, что Браге поручил Кеплеру вычислить орбиту именно Марса. Возможно, датчанин таким образом хотел просто проверить способности своего коллеги, ведь наблюдения за четвертой планетой Солнечной системы сложнее всего поддаются интерпретации. Можно считать большой удачей, что перед Кеплером была поставлена именно эта задача, потому что Марс с его большим эксцентриситетом наилучшим образом подходил для проверки догадок ученого.

Чтобы сформулировать первые два закона, Кеплеру пришлось прибегнуть к математически сложным методам, предвосхищающим дифференциальный анализ. Формируя оригинальные гипотезы, он часто использовал как религиозные соображения, так и результаты наблюдений, однако в этом случае победило уважение Кеплера к научным данным. Эта книга – образец строгого и объективного исследования, результат упорства и точности. Конечно, читать ее довольно сложно – как и многие другие работы ученого, – поскольку Кеплер тщательно развивает как свои ошибочные посылки, предшествующие решению, так и правильные итоговые умозаключения.

Иоганн Кеплер, портрет 1610 года, автор неизвестен.



Страница из Astronomia nova (1609) на которой изображена работа Кеплера по расчету орбиты Марса. Этот рисунок иллюстрирует два его первых закона.

HARMONICIS LIB. V. 207

CAP. VI

mnia (infinitâ in potentiâ) permeantes actu: id quod aliter à me non potuit exprimi, quam per continuam seriem Notarum intermedia-

Saturnus Jupiter Mars terè Terra

Venus Mercurius Hic locum habet etiam

rum. Venus ferè manet in unisono non æquans tensionis amplitudine vel minimum ex concinnis intervallis.

Atqui signatura duarum in communi Systemate Clavium, & formatio selecti Octavæ, per comprehensionem certi intervalli concinni, est rudimentum quoddam distinctionis Tonorum seu Modorum: sunt ergò Modi Musici inter Planetas dispertiti. Scio equidem, ad formationem & definitionem distinctorum Modorum requiri plura, quæ cantus humani, quippe intervallati, sunt propria: ifaque voce quodammodò fumuluis.

Страница из Harmonices mundi (1618) с музыкой, которую Кеплер считал свойственной звездам.

Итак, идеи Коперника и данные Тихо Браге наконец-то соединились. Казалось, теперь задача поддастся, однако это было не так. Погрешности при расчетах составили около 8' и хотя этот результат устроил бы любого другого астронома, Кеплер, используя данные Тихо Браге с погрешностью менее 2' требовал от себя такой же точности.

Открытие двух первых законов далось Кеплеру довольно трудно. Их сложность очевидна даже сегодня, даже если опираться на ньютоновские законы небесной механики и знать, каким должен быть результат. Кеплер использовал все более и более точные измерения, и наконец ему пришла в голову идея, что орбиты могут иметь овальную форму.

Задолго до этого западноарабский астроном Аз-Заркали (1029-1087) предположил, что орбита Меркурия имеет эллиптическую форму. Вероятно, его работу видел и Кеплер, ведь он добросовестно изучал труды астрономов других эпох, а работы Аз-Заркали цитировали в то время довольно часто. Однако точных данных об этом нет, а сам Кеплер об Аз-Заркали не упоминает.

Также Кеплер считал, что Солнце вряд ли находится в центре всех орбит (и действительно, это довольно сложно себе представить). Идея ученого была близка древнему понятию экванта – точки, не совпадающей с геометрическим центром траектории планеты, из которой ее движение выглядит

равномерным. И действительно, если Солнце не занимает центр круговой орбиты, то при равномерной скорости движения по ней мы бы наблюдали с Земли переменную скорость светила.

Другая идея ученого состояла в том, что Земля должна вести себя так же, как и другие планеты, а центр ее орбиты также смещен по отношению к Солнцу.

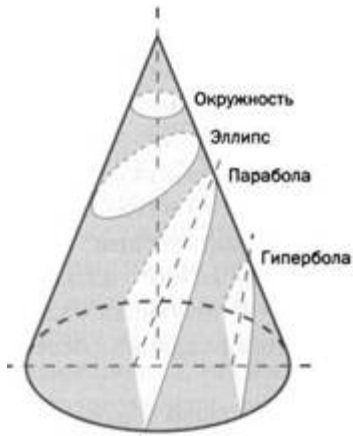
Для каждой планеты, включая Землю, существует линия апсид, соединяющая афелий и перигелий. Получалось, что соотношение скоростей в афелии и перигелии обратно соотношению расстояний от этих точек до Солнца. Кеплер ошибочно предположил, что это свойство справедливо для всех точек орбиты, то есть что скорость планеты обратно пропорциональна расстоянию до Солнца.

КОНИЧЕСКИЕ ФИГУРЫ

Эллипс с нулевым эксцентриситетом и его частный случай, окружность, являются кривыми и видом конических сечений, то есть сечений конуса плоскостью. В зависимости от взаимного расположения плоскости и конуса мы получаем эллипс, гиперболу и параболу. Эти названия были предложены Аполлонием Пергским (262-190 до н.э.), первым известным автором, изучавшим конические сечения.

Орбиты планет являются эллипсами, однако при гравитационном искривлении они могут иметь вид и других конических сечений. Когда объект приближается с большого расстояния на большой скорости, из-за воздействия гравитации его траектория искривляется. В большинстве случаев объект продолжает свое движение и удаляется в бесконечность, следуя по гиперболической траектории. Кометы длинного периода имеют такой большой эксцентриситет, что их траектория практически параболическая, то есть занимает промежуточное место между эллиптической и гиперболической. При открытых гиперболических траекториях объект и точечная масса не формируют бинарную (двойную) систему в точном значении этого слова. Звезды в галактике настолько малы по сравнению с обычным межзвездным расстоянием (7 x 108 метров по сравнению с 1017 метров), что гравитационные взаимодействия между ними крайне низки. Столкновения

происходят настолько редко или они так слабы, что две сливающиеся галактики могут сохранять свои уникальные характеристики в течение значительных периодов времени. Малое количество столкновений звезда-звезда ослабило теорию о том, что Солнечная система возникла в результате столкновения двух звезд (гипотеза о катаклизме). Сегодня считается, что Солнце и планеты являются ровесниками, рожденными независимо друг от друга от одной протосолнечной туманности. Изучая гравитационное взаимодействие между двумя звездами, следует учитывать, что речь идет о траекториях, соответствующих коническим сечениям, в то время как двойные звезды двигаются по эллиптическим орбитам.



Конические сечения, полученные при сечении конуса плоскостью.

Также Кеплеру пришло в голову мысленно переместиться на Марс и, соответствующим образом трансформировав данные, получить детальное описание движения Земли.

В конце концов ученый увидел, что самая подходящая орбита – это эллипс, и сформулировал первый из своих законов: «Орбита планеты является эллипсом, в одном из фокусов которого находится Солнце». Этот закон подверг испытанию математический талант Иоганна Кеплера, однако результат достоин всякого восхищения.

Следующая удачная идея, которая привела к появлению второго закона, рассказана самим Кеплером:

«Таким образом, существует бесконечное количество точек на орбите и, соответственно, бесконечное количество расстояний, и тогда мне пришла в голову мысль, что сумма этих расстояний заключена в площади орбиты. Я вспомнил, что Архимед разделил

таким же образом площадь круга на бесконечное количество треугольников».

Мы видим здесь идею, предшествующую дифференциальному анализу. Второй закон, о линейных скоростях, также сложно вывести даже сегодня. Его формулировка очень витиевата, однако не лишена изящества и, что самое главное, точности: «площади, которые могут быть пройдены за одинаковые промежутки времени, одинаковы» независимо от положения орбиты, на которой находится планета. Этот закон позволяет определить, как планета ускоряется от афелия к перигелию и замедляется от перигелия к афелию. Его практическое применение довольно сложно, и для того чтобы узнать положение планеты на орбите в каждый момент времени, сегодня применяется принцип сохранения кинетического момента.

ПЕРИОДЫ И РАССТОЯНИЯ

Harmonices mundi, произведение, в котором Кеплер сформулировал третий закон планетарного движения, имеет более средневековый характер, чем Astronomia nova. Этот труд вдохновлен важной мистико-религиозной концепцией, согласно которой Солнце, представляющее Отца, вращается вокруг себя самого. Позже, благодаря движению солнечных пятен, Кеплер убедился, что это действительно так. Сила вращения исходит от Солнца, но ослабляется по мере отдаления от него, поэтому планеты, более близкие к светилу, перемещаются по своей орбите быстрее. Следовательно, должна существовать связь между отдаленностью планеты от Солнца и периодом ее обращения.

Надо сказать, что совершенно все равно, каким путем Кеплер пришел к своей идее, которая предвосхитила ньютоновскую теорию тяготения. С другой стороны, пылающий ум Кеплера сохранял все уважение к данным наблюдений. Бог создал человека по своему образу и подобию для того, чтобы тот мог оценить божественную геометрию. Ученый мог и должен был найти связь между отдаленностью планеты от Солнца и периодом ее обращения, но не придумать ее. И найдя эту связь, Кеплер достиг своих высот, предложив простую и идеально точную формулировку: «Квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит».

На рисунке 1 расстояние представлено абсциссами, а

периоды – ординатами. Посмотрим на четыре первые точки, соответствующие внутренним планетам (Меркурий, Венера, Земля и Марс). Рисунок 2 изображает искомую связь: на нем представлен логарифм периода в зависимости от логарифма расстояния. Угол наклона равен 3/2: период пропорционален степени 3/2 расстояния. Точки представляют планеты, за исключением Плутона. Чтобы получить период, надо умножить коэффициент пропорциональности на квадратный корень куба расстояния.

Можно подумать, что в те времена были неизвестны построения с абсциссами и ординатами, а тем более логарифмы, но это не так. Такие изображения уже более ста лет как были известны, хотя абсциссы называли субъектом, а ординаты – качеством. При помощи этого графика Доминго де Сото (1494-1570) открыл закон о свободном падении тел. Были известны логарифмы, введенные Джоном Непером (1550-1617). Кеплер не только знал труды последнего, но и посвятил ему одну из своих книг, а также ввел свои собственные логарифмы, кеплеровы. Как бы там ни было, ученый нашел важную формулу, которая управляет движением планет и обеспечивает недостижимую для многих физических формул точность.

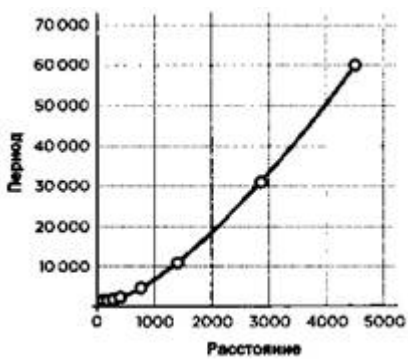


РИС.1

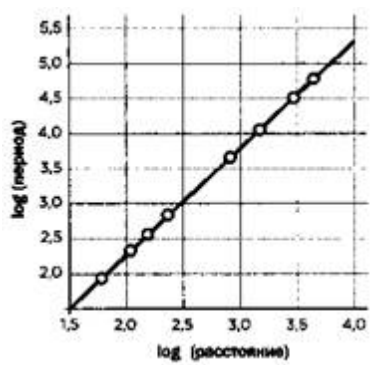


РИС. 2

EPITOME ASTRONOMIAE COPERNICANAE

Находясь в Линце, Кеплер опубликовал монументальный труд Epitome astronomiae Copemicanae – восьмитомник, в котором ученый подводил итоги своей работы, предлагал новые методы для расчета положений планет, добавлял новые аргументы и представлял в общих чертах свою концепцию строения Вселенной. Работа публиковалась с1617по1621 год.

Слово «эпитомия», что значит «краткое изложение», кажется не очень подходящим для книги в восьми томах, даже несмотря на ее маленький формат. Также нельзя сказать, что она была посвящена астрономии Коперника, – скорее речь шла об астрономии Кеплера, который значительно усовершенствовал гелиоцентрические идеи.

Опубликовать книгу с таким названием было довольно смелым шагом в годы, когда конфликт Галилея с церковью уже достиг своего пика. Кроме того, в 1616 году работа Коперника была запрещена, и синодальный отдел внес в список крамольных книг первую часть Epitome, опубликованную в 1617 году. Однако Кеплер не остановился и продолжил работу над следующими томами, и это несмотря на то, что совсем недавно по приговору инквизиции был казнен Джордано Бруно.

После включения Epitome в список запрещенных книг Кеплер даже подумывал покинуть Линц, но ученого, вероятно, успокоил его друг Винченцо Бианчи, отметивший, что книги, включенные в такой перечень, читают больше всего! И действительно, хотя труд Кеплера распространялся подпольно, он вызывал огромный интерес.

Epitome включает аргументы в пользу вращения Земли, которые предшествуют принципу относительности Галилея, освещает законы планетарного движения и другие вопросы большей или меньшей важности. Книга написана в форме катехизиса, то есть вопросов и ответов. Стоит иметь в виду, что к тому времени уже был опубликован катехизис отца Астете (1537-1601), который распространился по всему югу Европы и, выражая идеи Контрреформации, преподавался в школах до середины XX века.

Epitome – это очень характерная для Кеплера книга, одновременно блестящая с точки зрения физики и беспорядочная

со стилистической точки зрения.

ГАЛИЛЕЙ И КЕПЛЕР

После публикации Mysterium cosmographicum Кеплер отправил экземпляр книги Галилею и стал ждать ответа с отзывом. Для молодого ученого было очень важно мнение именитого коллеги о предложенной модели мира, основанной на идее правильных многогранников. Однако его постигло разочарование: Галилей ответил короткой любезной запиской, в которой сказал, что прочитает книгу позже. Кеплер снова написал ученому с просьбой высказать свое мнение, пусть даже и самое язвительное. Но в этот раз Галилей просто ничего не ответил. Возможно, он решил, что метод, предложенный Кеплером, неприемлем.

Когда Галилей в 1610 году опубликовал свою знаменитую работу «Звездный вестник» (Sidereus Nuncius), в которой были описаны блестящие открытия, сделанные с помощью телескопа, он попросил тосканского посланника в Праге, чтобы тот отвез экземпляр работы Кеплеру. Иоганн оказался любезнее своего итальянского коллеги и ответил Галилею чуть ли не сразу, и не короткой запиской, а настолько подробно, что ответ вылился в целую книгу – «Разговор со Звездным вестником» (Dissertatio cum Nuncio Sidereo). Так работы Галилея и Кеплера вошли в историю наравне друг с другом. Они обе имеют высокую научную ценность, и мы поговорим о них в следующей главе. С помощью телескопа Галилей раскрыл физические свойства звезд, они перестали быть точками или правильными сферами. У астрономии, дочери астрологии, появилась своя собственная дочь, астрофизика. Но отложим разговор о ней до следующей главы.

Кеплер и Галилей мыслили совершенно по-разному, поэтому им сложно было понять друг друга. Галилей, в отличие от Кеплера, не смешивал религию и науку и скептически относился к астрологии, а Кеплер предполагал наличие души у планет.

Я всегда считал, что у Кеплера проницательный и свободный ум (возможно, слишком свободный) и совсем не схожий с моим способ мышления.

Галилео Галилей

ПОСЛАНИЯ ГАЛИЛЕЯ КЕПЛЕРУ

Очень интересны письма, в которых Галилей рассказывал Кеплеру о своих открытиях. Идея была в том, чтобы коротко сообщить о сделанном прорыве в зашифрованном сообщении и, таким образом, отсрочить его обнародование до того момента, пока не появится полная уверенность в своей правоте, а с другой стороны, эти письма являлись свидетельством об открытии, пусть и зашифрованным. Кеплер никогда так не поступал, ведь он верил, что его открытия прославляют Бога и предназначены для людей, а не для достижения личной славы. Очевидно, что он хотел расшифровать послания Галилея, осознавая их важность, поскольку в письмах были изложены результаты наблюдений через телескоп с тридцатикратным увеличением, который позволял увидеть объекты, недоступные невооруженному глазу, а уж тем более невооруженному глазу Кеплера, который с юности отличался слабым зрением.

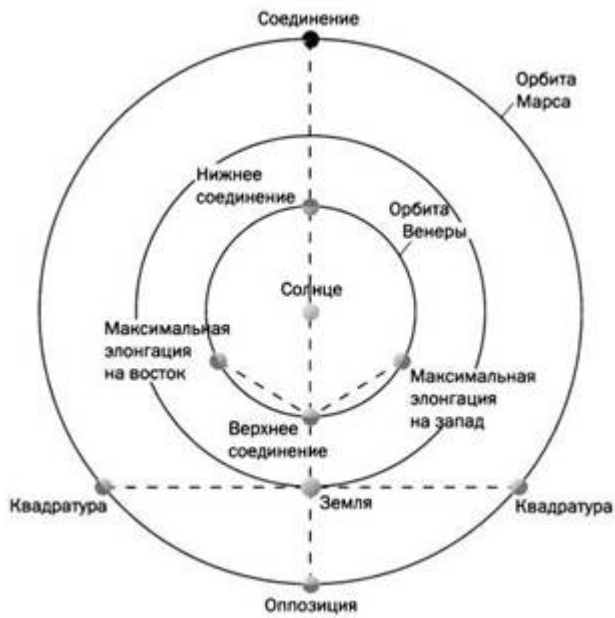
Когда Галилей увидел, что Венера имеет фазы, он написал: «Haec inmatura a te jam frustra leguntur, o y», что можно перевести примерно так: «Эти несозревшие мысли, которые пытаются без всякого успеха понять другие, давно уже понял я». На самом деле эта нескромная фраза представляла собой переставленное: «Cynthie figuras emulatur mater amorum»*y* то есть: *«Мать любви (Венера) повторяет фазы Кинфии (Дианы, или Луны)».*

Это означает, что Венера, как и Луна, имеет фазы. Кеплер же интерпретировал эти «варварские латинские строки» следующим образом: «Macula ruta in Jove est gyratur mathem, etc.»*f* что означает: «На Юпитере есть красное пятно, которое вращается математически». С точки зрения наших сегодняшних знаний об этой планете догадка кажется невероятной. Когда Галилей наблюдал кольца Сатурна, которые в его телескопе казались выступами на планете, он написал Кеплеру записку: «Smaisrmilmepoetalevmibvnenvgttaviras». Галилей хотел сказать: *«Altissimum planetam tergeminum observavi»,* то есть: *«Я увидел, что самая отдаленная планета существует в трех формах».*

Кеплер же расшифровал послание так: «Salve unbistineum geminatum Martia proles», что означает: «Здравствуйте, пламенные близнецы, потомки Марса». Эта интерпретация тем более удивительна, что Марс действительно имеет два спутника, Фобос и Деймос, которые были обнаружены Асафом Холлом (1859-1892) в 1877 году

ФАЗЫ ВЕНЕРЫ

Меркурий и Венера, две из четырех внутренних планет, имеют фазы, как показывает рисунок внизу, на котором можно наблюдать относительные положения Венеры и Марса. Для названия положений планет используется старая, но все еще действующая терминология. Речь идет о «соединении», когда планета и Солнце находятся приблизительно на одной линии. В случае если речь идет о «нижнем соединении», происходит парад планет за солнечным диском. Галилей отметил, что фазы Венеры и фазы Меркурия случаются в положениях максимальной «элонгации на восток» (вечерняя звезда) и максимальной «элонгации на запад» (утренняя звезда). Элонгацией называется угол «планета – Земля – Солнце», видимый с Земли. Рисунок показывает, что Венера не может находиться в квадратуре (элонгация на 90°) и что лучшее время для наблюдения за Марсом – когда он находится в оппозиции.



Относительные положения Венеры и Марса.

ОПТИКА КЕПЛЕРА

Кеплер проводил важные исследования в области оптики, итоги которых были подведены в двух фундаментальных произведениях. Одно из них, опубликованное в 1604 году, называлось Astronomiae pars optica: «Оптика в астрономии», или просто «Оптика». Полное название работы – Ad vitellionem paralipomena, quipus astronomiae pars optica traditur («Дополнения к Вителло, рассказывающие об оптической стороне астрономии»). Эта книга коренным образом повлияла на развитие современной оптики. Вителло (ок. 1230 – ок. 1280) написал трактат об оптике, основанный на работе Ибн ал-Хайсама (965-1040), ученого, очень известного в Европе. Другая работа Кеплера – «Диоптрика» (Dioptrice), была опубликована в 1610 году, когда Кеплер занимал пост придворного математика в Праге.

На занятия оптикой Кеплера натолкнуло явление атмосферного преломления. Атмосфера преломляет свет, и этот эффект становится более заметным, когда звезда или планета находятся вблизи горизонта. Так как свет следует по криволинейной траектории, можно наблюдать уже зашедшую звезду, которая в действительности находится ниже линии горизонта. Этот эффект не имеет большого практического значения, но его необходимо учитывать, если требуется точность наблюдений.

Например, при заходе Солнца из-за преломления мы видим не его реальное положение, а угловое смещение на расстояние, равное диаметру светила. Таким образом, из-за преломления звезду, находящуюся рядом с горизонтом, мы видим с погрешностью примерно 30'. Это заметил еще Тихо Браге и разработал корректирующие таблицы. Он думал, что такие таблицы должны отличаться для Солнца, Луны и других небесных тел. В частности, из-за преломления очень сильно деформируется орбита Меркурия, поскольку эту планету можно наблюдать только вблизи линии горизонта.

Признавая важность преломления, Кеплер заинтересовался оптикой и вскоре написал книгу о геометрической оптике, которая с небольшими изменениями может использоваться даже в наши дни. Так, изображения в современных изданиях о траектории лучей сегодня являются репродукциями кеплеровских рисунков.

ПРОБЛЕМА СКОРОСТИ СВЕТА

Еще более серьезные погрешности в определение положения планет может вносить деформация орбит. Солнце, например, находится от нас в восьми световых минутах, поэтому на самом деле мы видим его там, где оно находилось 8 минут назад, и это равно погрешности в 2˚. Для Солнца это не столь важно, но для такой планеты, как Марс, считал Кеплер, погрешность может достигать от 4 до 20 а. е., а это довольно много (в то время еще не знали, что свет имеет конечную скорость).

Кеплер заинтересовался эффектом проекции изображений через камеру с перфорированной стороной и искривлениями, продуцируемыми разными типами линз, плоскими и искривленными зеркалами (двояковыпуклыми или двояковогнутыми). Им были введены концепции реального изображения, виртуального, прямого и перевернутого, увеличения, фокальной плоскости и так далее.

Также ученый занимался очками для близоруких и дальнозорких людей и установил механизм инстинктивного параллакса, который использует наш мозг для определения относительно малых расстояний.

Кеплер не был знаком с законом Снеллиуса – Декарта о преломлении, но использовал коэффициент пропорциональности между второстепенным и преломленным углами, полученный экспериментально. Одна из главных заслуг исследователя состоит в том, что он изучал работу человеческого глаза, основываясь на перевернутом изображении, которое формируется в сетчатке.

Обе книги Кеплера уникальны, они в основном посвящены астрономии. Однако они не лишены метанаучных рассуждений, которые постоянно кипели в голове их автора. Ученый хотел сформулировать свойства света, пытаясь понять замысел Бога, который создал свет для того, чтобы люди пользовались им и наслаждались всеми его цветами. При этом основываясь на соображениях, малоприемлемых сегодня и практически неприемлемых для его современников, Кеплер пришел к правильному выводу, что свет рассеивается пропорционально обратному квадрату расстояния.

РУДОЛЬФОВЫ ТАБЛИЦЫ

В 1601 году перед Кеплером была поставлена задача разработать Рудольфовы таблицы (Tabulae rudolphinae), которые

были опубликованы в 1627 году. Работе над этой книгой сам Кеплер придавал огромную важность, кроме того, составление таблиц было личным поручением императора Рудольфа II. Работе над изданием ученый посвятил 26 лет.

ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ТЕЛЕСКОПА

В истории изобретения телескопа часто не отмечается, что именно Кеплеру принадлежат теоретические основы создания этого инструмента. Неизвестно, кто первым воплотил его методику, но пальма первенства в применении телескопа как инструмента для астрономических наблюдений принадлежит Галилею. Этот ученый и сам предпринял множество попыток построить телескоп, однако он не был знаком с принципом работы инструмента. Комбинация фокусирующей линзы как объектива и рассеивающей у глаз была реализована Кеплером, и он имеет полное право войти в историю если не как изобретатель телескопа, то как один из тех, кто сделал свой вклад в создание этого инструмента. Принцип работы устройства был изложен в книге Dioptrice. Обидно, что Галилей так и не признал за Кеплером этого изобретения.

Один из телескопов, построенных Галилеем.

В чем состояла идея этих таблиц? Они представляли собой журнал, в котором указывались положения планет на длительный период времени, якобы на тысячи лет, а также многие другие данные – положение многочисленных звезд, лунные и солнечные затмения, восходы и заходы Солнца и Луны, координаты многих городов и так далее. Очевидно, что больше всего труда потребовали таблицы, позволяющие рассчитать положения планет.

Разработка подобных таблиц была важной задачей для великих астрономов и великих монархов. В свое время приобрели известность Толедские таблицы, разработанные астрономом Аз-Заркали (их использовал Коперник), Альфонсовы таблицы кастильского короля Альфонса X Мудрого (1221-1284), которые применялись вплоть до Возрождения и которые использовал Колумб для предсказания затмения, таблицы Регионтана (1436-1476), которые применялись до публикации Рудольфовых.

Эти данные имели огромную ценность для астрономов, астрологов, моряков. Ни одни из таблиц не были совершенными, но лучших инструментов на тот момент не существовало. А Рудольфовых таблиц все ждали с нетерпением, так как они опирались на максимально точные данные Тихо Браге и систему Коперника, улучшенную Иоганном Кеплером, и предоставляли недостижимую прежде точность прогнозирования (хотя, конечно, и они были несовершенны).

Созданию таблиц Кеплер посвятил практически всю профессиональную жизнь, а их публикация состоялась незадолго до смерти ученого. Работа затянулась по многим причинам. Большую сложность представляли утомительные арифметические расчеты, которые Кеплеру приходилось делать самостоятельно, без чьей бы то ни было помощи. Также для издания необходимо было найти хорошую типографию и деньги: публикация оплачивалась заранее, а Кеплер никогда не был богат. Кроме того, параллельно ученый занимался и собственными исследованиями, связанными с его теорией движения планет. Неизвестно, осознавал ли Кеплер, что даже самые точные таблицы рано или поздно устареют, а открытые им законы планетарного движения станут вечным достоянием человечества.

В любом случае Кеплер должен был выполнить эту миссию, которая была не только поручением императора Рудольфа II, но предсмертной просьбой самого Тихо Браге. Для завершения работы над таблицами Рудольф II передал Кеплеру все инструменты и данные Тихо Браге, однако ученого ждали проблемы с наследниками покойного. Собственно, после смерти Браге эти данные были их собственностью, и император обязался

выкупить их. Но в это время у Рудольфа не было денег – ни для того, чтобы выкупить данные, ни для того, чтобы платить Кеплеру предложенное жалованье, ни вообще для управления империей. Рудольф был человеком увлекающимся: алхимия и химия, астрология и астрономия, коллекции художественных произведений и инженерных новинок, драгоценности – все это требовало больших расходов…

Поэтому Кеплер, несмотря на назначенное неплохое жалованье, часто сталкивался с материальными проблемами и был вынужден постоянно напоминать императору о выплате просроченного вознаграждения.

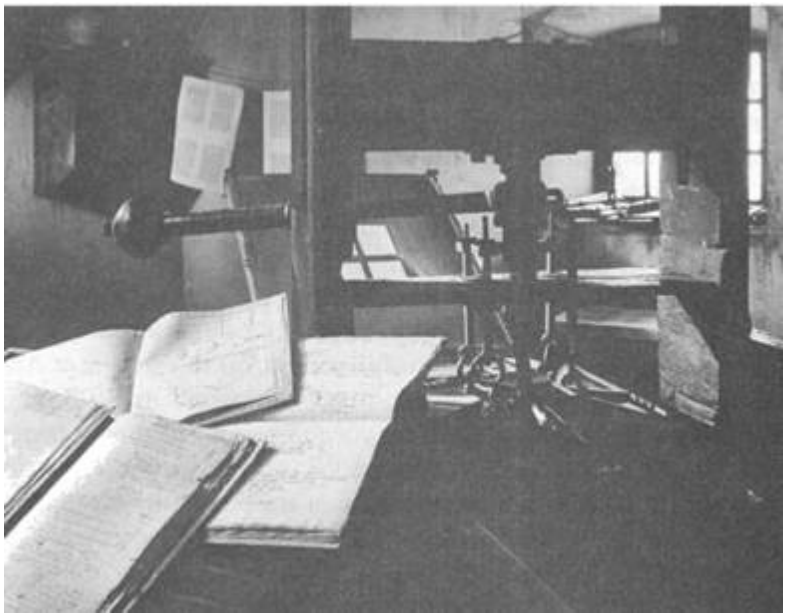
Также наследники не хотели, чтобы Кеплеру доставалась вся слава, причитающаяся, как они заявляли, самому Тихо Браге, поэтому они не признавали, что расчеты в таблицах были сделаны по модели Кеплера, вмешивались в процесс издания таблиц, требовали, чтобы журнал предваряло вступление от их лица, и претендовали на большую часть прибыли.

Наиболее сложными отношения Кеплера были с Тенгнагелом, зятем Тихо Браге, который невзлюбил Кеплера со дня знакомства. Именно Тенгнагел встречал математика, когда тот приехал в Прагу в первый раз. Но вместо того, чтобы сразу привезти Кеплера в замок Бенатек, Тенгнагел решил задержаться в Праге, не обращая внимания на нетерпение Иоганна.

Позже, ничего не понимая в работе ученого, он испытывал жгучую зависть и злобу, хотя и старался не проявлять эти чувства при жизни своего влиятельного тестя. Но после смерти Браге именно отношение Тенгнагела к Кеплеру стало важной причиной задержки публикации таблиц. Возможно, он был именно таким злодеем, над которым должен одержать победу настоящий герой.

Неизвестно, на чем строились притязания Тенгнагела, ведь его единственная заслуга перед астрономией заключалась в том, что от него забеременела дочь великого астронома. Однако он начал мешать Кеплеру еще при публикации труда своего тестя Astronomiae Instauratae Progymnasmata («Приготовление к обновленной астрономии»): Тенгнагел считал, что к работе необходимо добавить вступление и внести в нее некоторые исправления.

Иоганн Кеплер с императором Рудольфом II в Праге в 1600 году. Гравюра Ф. Бюло (1862).



Типография времен Кеплера, рукопись Рудольфовых таблиц и «Оптики».

В конце концов Кеплеру пришлось пойти на компромисс и не публиковать ничего, что имело отношение к использованию данных Тихо Браге, без позволения Тенгнагела. Складывалась странная ситуация: с одной стороны, наследники хотели

скорейшей публикации таблиц, так как это должно было принести им доход, но с другой – именно они своими действиями больше всего этой публикации мешали.

Рудольфовы таблицы, которые задумал Тихо Браге как свое детище, я нес и растил внутри себя на протяжении двадцати двух лет, так же, как эмбрион растет в чреве матери. Теперь я переживаю родовые муки.

Кеплер в одном из писем к своему другу Бернеггеру

Когда Кеплер собрался переезжать в Линц, император, помимо завершения Рудольфовых таблиц, дал ученому новое поручение – составить карту региона. Из-за этого Кеплер вынужден был совершить множество путешествий и лично испытать недоверие и подозрительность со стороны крестьян и местных жителей.

В Линце не нашлось издателя, которому ученый смог бы доверить публикацию таблиц, поэтому ему пришлось искать другой город. В это время в стране вновь осложнилась обстановка, и Кеплер никак не мог решить, где он сможет завершить работу. Страсбург? Ульм? Нюрнберг? Новый император, Фердинанд II, потребовал, чтобы работа была сделана в Австрии. Упорству Кеплера можно только позавидовать. В Линце не было своей типографии, и он убедил одного издателя перевезти свою типографию в этот город, однако вскоре ученый по религиозным мотивам был изгнан и отсюда и отправился для публикации таблиц в Ульм. Власти Ульма посчитали честью публикацию книги, однако решили воспользоваться присутствием великого математика и поручили ему отрегулировать инструменты в городской палате мер и весов.

Перед Кеплером встала новая задача – найти хорошую бумагу для издания, и он отправился в путешествие через замерзший Дунай. В те времена достать качественную бумагу было невероятно сложно, в итоге Кеплер за собственные средства приобрел ее в Кемптене и отправил на хранение в Ульм, к своему другу Гебенстрайту.

В конце концов в сентябре 1627 года Рудольфовы таблицы были напечатаны в Ульме. Эту работу сам Кеплер считал самым великим своим достижением, хотя на самом деле у него есть и гораздо более важные заслуги, которые навсегда остались в истории науки.

Первые средства, полученные от продажи, Кеплер направил на возмещение расходов, а последующие доходы должны были делиться поровну между ним и наследниками Браге. Ученый сам

придумал для книги обложку, на которой были изображены великие астрономы всех времен: Халдей (вероятно, это был великий Кидинну, IV век до н.э.), Гиппарх, Птолемей, Коперник и Тихо Браге. Изобразил Кеплер и себя – с краю, скромно работающим при горящей свече.

ГЛАВА 3 Астрофизик

Считается, что астрофизика отличается от астрономии тем, что изучает небесные тела не как движущиеся точки, а как объекты с собственными физическими характеристиками – температурой, химическим составом и так далее. Астрофизика появилась вслед за спектрометрией в XIX веке и является молодой наукой, однако именно Кеплер первым сказал, что астрономия неотделима от физики.

Политическая ситуация в Праге осложнилась, и здесь начались жестокие военные столкновения. Уже несколько лет длился конфликт императора Рудольфа II с его братом Матиасом, который отличался большей, чем он, веротерпимостью. Чтобы сохранить власть, Рудольфу пришлось издать специальный акт, уравнивавший в правах католиков и протестантов, которые получили право строить храмы, преподавать, через выборный орган управлять делами Пражского университета, а при необходимости – созывать представителей протестантов для совещаний.

Рудольф II несколько лет интриговал против Матиаса, но все-таки вынужден был отречься от короны. В мае 1611 года Матиас был коронован, а Рудольфу назначили почетную пенсию. Кеплер подумывал покинуть неспокойную Прагу и вернуться на родину, в Вюртемберг или Тюбинген. Он написал письма в эти города с просьбой дать ему приют, но получил отказ. Ученого обвиняли в кальвинизме и в том, что своими мыслями он может развратить молодежь. Тогда Кеплер попросил должность математика в Линце, и этот пост специально для него был создан.

Также ученому предложили кафедру в Падуе, которую оставил Галилей, а затем и кафедру в Болонье. Однако Кеплер считал себя лютеранином и не хотел жить в стране, где господствует Контрреформация.

Это был тяжелый период в жизни Кеплера. Один из его сыновей умер в феврале 1611 года, в возрасте шести лет, а в июле того же года скончалась его супруга Барбара. В январе 1612 года умер Рудольф II. После этого Кеплер с разрешения нового императора Матиаса переехал в Линц. Пост придворного математика был за ним сохранен.

ПРОЦЕСС НАД МАТЕРЬЮ КЕПЛЕРА ПО ОБВИНЕНИЮ В

Судебный процесс был очень длинным. Охота на ведьм в то время шла по всей Европе, особенно во Франции и Германии. Подозреваемые, не в силах терпеть истязания, часто сознавались в своих «грехах». За 14 лет в деревне Леонберг, где жила Катарина, мать Кеплера, было сожжено 30 человек. Упало обвинение и на нее саму. Процесс длился шесть лет, с 1615 до 1621 года, когда Катарина была признана невиновной. Все эти годы подозрения росли как снежный ком, основываясь на каких-то мелочных «доказательствах». Кеплер очень хотел помочь матери, которой в то время было уже больше 70 лет, он просил содействия у всех своих влиятельных знакомых и даже сам выступал в роли адвоката. Бедная женщина была заточена в тюрьму. Все это время от нее требовали признания, угрожая пытками. Вначале Катарину отвели в зал с пыточными приспособлениями, чтобы она знала, что ее ждет. После этого ее обвинили в том, что, несмотря на все угрозы, она не проронила ни одной слезы, и это доказывает ее вину. Катарина ответила, что пролила столько слез в своей жизни, что больше не в силах плакать. «Делайте со мной, что хотите, – сказала она своим мучителям. – Даже если вы вытянете все жилы из моего тела, мне не в чем сознаваться». Женщина провела в тюрьме больше года, однако после снятия всех обвинений и освобождения она, измученная бесконечными допросами и самим заключением, умерла всего через несколько месяцев после обретения свободы.

Гравюра, запечатлевшая момент судебного процесса над матерью Кеплера.

В Линце его встретил совсем другой научный и культурный климат, а также религиозная нетерпимость. Идеи ученого оспаривали кальвинисты или паписты. В лютеранской церкви ему отказали в причастии из-за неортодоксальных взглядов. Как мы знаем, Кеплер был лютеранином, при этом он искренне следовал призывам самого Лютера, который, в соответствии с доктриной свободы воли, был сторонником свободной и индивидуальной интерпретации Библии. Однако более консервативные братья по вере заставляли ученого отказаться от личных религиозных убеждений под угрозой исключения из общины. Кеплер глубоко страдал, но не сдался. Он не хотел отрекаться от воззрения (которое, кстати, разделял с папистами), что Иисус Христос не обладает даром вездесущности. Сегодня это может показаться преувеличением, ведь вера или неверие в вездесущность не кажется посягательством на первоосновы. Однако братья во Христе советовали Кеплеру посвятить себя математике и забыть о религиозных вопросах. Так и вышло, что этот человек, который искал согласия между всеми христианами, был объявлен вне закона и кальвинистами, и католиками, и лютеранами. Как тут не вспомнить Эразма Роттердамского, который говорил, что единственное, с чем согласились бы католики и протестанты, так это с тем, что его следует сжечь.

КЕПЛЕР И ТЯГОТЕНИЕ

Обычно считается, что главным вкладом Кеплера в копилку науки были три его закона о планетарном движении. Однако мы обязаны ученому гораздо большим: он стал первым, кто оставил идею о том, что понять Вселенную означает найти геометрическую конфигурацию, которая воспроизводила бы движение небесных тел. Кеплер также стал первым, кто попытался познать астрономию как часть физики и хотел понять не только как двигается Вселенная, но и почему. Многие его мысли предвосхищают идею тяготения Ньютона, и кажется, что именно он проложил дорогу теории всемирного тяготения. Кеплер умер в 1630 году; Ньютон родился в 1643-м.

В одном из писем Лонгомонтану (1562-1647), одному из старых помощников Тихо Браге, Кеплер так объяснял свое дерзкое желание объединить физику и астрономию: «Эти науки столь тесно связаны между собой, что никакая из них не может достичь совершенства без другой». Обратите внимание: ученый говорит не только о том, что нет астрономии без физики, но и о том, что нет физики без астрономии. Мёстлин советовал своему бывшему ученику, чтобы тот оставил идею поиска физических гипотез и сконцентрировался на чисто астрономических вопросах. Однако Кеплер мыслил шире, и в результате Мёстлин был вынужден прервать их длительную переписку, заявив, что даже если предположить, что теории его бывшего студента восхитительны, он больше не способен их понять.

Марк Каспар, один из лучших биографов Кеплера, не без оснований считает, что этот ученый достоин звания основателя небесной механики. Удивительно, что к своим выводам он пришел, озаряя свой путь мистическим светом религиозного разума. Ход размышлений Кеплера можно свести к следующему: Солнце является центром Вселенной, и от него исходит сила, которая приводит планеты в движение. Эта сила уменьшается при отдалении от Солнца.

Кеплер объяснял, как движутся планеты, воодушевляясь мыслью, что мощный источник этого движения должен располагаться в самом центре мира. В соответствии со своей гипотезой он предлагал причины, по которым планеты, отдаленные от Солнца, движутся медленнее и почему в перигелии планеты движутся быстрее, чем в афелии.

В соответствии с этой идеей можно было подумать, что силу тяготения создают не все тела, а только Солнце. Однако этот же принцип Кеплер применил, чтобы понять движение Луны вокруг

Земли, причем в этом случае источником силы считалась именно Земля. «Существует на Земле сила, которая воздействует на Луну». Эта сила ослабляется на расстоянии, так же как и сила, исходящая от Солнца. Следовательно, скорость Луны тоже непостоянна: она движется быстрее в перигее и медленнее в апогее.

Как ослабляется сила, с которой Солнце воздействует на планеты, в зависимости от расстояния? Кеплер не дал точного ответа на этот вопрос, но сказал, что эта сила рассеивается таким же образом, как рассеивается свет при удалении от источника излучения, а затем показал, что световой поток угасает пропорционально обратному квадрату расстояния. Но это еще не все. В письме своему другу Фабрициусу в 1605 году Кеплер сказал:

«Если поместить камень вне Земли и считать, что ни один из них не имеет никакого дополнительного движения, тогда не только камень ускорится по направлению к Земле, но и Земля по отношению к камню; они разделят пространство, которое находится между ними, обратно пропорционально их весам».

Здесь так и маячит тень третьего закона Ньютона. Кроме того, видно, что эта сила, пока безымянная, но которая вскоре получит название, может иметь источником не только Солнце и не только Землю, но даже ничтожный камень.

Более того, в другом своем письме ученый выдвигает мысль, что сопротивление при движении планеты пропорционально ее массе, однако данных о массе планет в то время не хватало, и он не смог развить свою догадку.

Итак, мы рассказали об удивительном сходстве теорий и предчувствий Кеплера с ньютоновской идеей тяготения. Теперь остановимся на их различиях. Тяготение, которое, согласно Ньютону, создает Солнце, образуется его массой. Кеплер думал, что, помимо массы, влияние оказывает и вращение. Если бы Солнце вращалось, то это вращение заставляло бы вращаться планеты, особенно ближайшие. Так считал Кеплер, пока не узнал, что Солнце действительно вращается, – это выяснилось в ходе наблюдений за солнечными пятнами – однако воздействие этого вращения на Землю и планеты отличается от догадок ученого.

Представим себе Кеплера, который рассчитывает квадрат периода обращения Солнца вокруг самого себя, возводит его в квадрат и сравнивает результат с кубом радиуса Солнца, чтобы увидеть, действует ли его третий закон для поверхности Солнца. В этом случае ученый увидел бы, что его закон не действует, хотя

это и не означало, что он несостоятелен.

Какова природа «силы притяжения» в модели Кеплера? Он не говорил о ее магнетическом характере, но подозревал, что эта сила была того же рода и могла передаваться без явной материальной среды. Кеплер прекрасно знал о великой работе английского физика Уильяма Гильберта (1544-1603), опубликованной в 1600 году, название которой можно перевести с латыни как «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле».

НЬЮТОН И БУМАГИ КЕПЛЕРА

Существует выражение, что «самым большим открытием Ньютона было обнаружить законы Кеплера среди кучи его бумаг». Эта забавная фраза не так уж безосновательна, поскольку законы Кеплера были ясно описаны в двух его самых известных книгах, Astronomia nova и Harmonices mundi.

Но если бы Ньютон и решил тщательно изучить архив Кеплера, чтобы понять, как тот пришел к своим законам, англичанин столкнулся бы с немалыми трудностями. Все рассуждения немецкого ученого были не только написаны витиеватым языком, но и рассеяны во множестве писем. Прежде чем добраться до аргументов и уточнений, которые привели Кеплера к истине, Ньютону пришлось бы преодолеть и ошибки ученого, которые тот описывал со всей тщательностью. Ньютон имел доступ только к открытой части наследия Кеплера, но не к его частной переписке.

Известно, что сын Кеплера, Людвиг, привез записи отца в Кёнигсберг. После его смерти архив у наследников выкупил Ян Гевелий, а затем бумаги хранились в Лейпциге, Вене, Франкфурте… Наконец, они по совету Леонарда Эйлера были приобретены Екатериной II и осели в обсерватории Пулково, в Санкт-Петербурге, где и хранятся до сих пор. Вряд ли Ньютон имел доступ к этим бумагам.

Кеплер даже предложил магнетическую теорию, абсолютно ошибочную и не имеющую никакого значения для современной концепции движения планет. Согласно Кеплеру, Солнце притягивало земной магнит, ориентируя его положительный полюс в направлении Солнца, ускоряя планету от афелия к перигелию и замедляя от перигелия к афелию.

Также Кеплер говорил о приливах и отливах, которые являются дифференциальным вращением, при котором разные участки планеты вращаются вокруг общей оси вращения с различной угловой скоростью. Земные приливы и отливы больше связаны с Луной, потому что, находясь близко, она создает разное тяготение в различных точках Земли. Солнце воздействует на Землю с большей силой, однако меньше, чем Луна, вызывает дифференциальное вращение. В книге Somnium («Сон, или Лунная астрономия») Кеплер рассказывает о двух потоках воды на Луне под действием общих приливов и отливов, создаваемых Землей и Солнцем.

«РАЗГОВОР СО ЗВЕЗДНЫМ ВЕСТНИКОМ ›

Эта работа заслуживает особого упоминания, так как содержит глубокие идеи, порой правильные, 'а порой и ошибочные, но всегда увлекательные и важные для истории науки. Многие концепции, которые сегодня кажутся очевидными, родились именно в этой маленькой книге. В названии речь идет о разговоре, однако на самом деле это был монолог Кеплера. Второй собеседник, Галилей, молчит, а сама книга представляет собой диалектическое противостояние двух выдающихся ученых.

Галилео Галилей направил телескоп в небо и открыл целую серию новых феноменов. Телескопическая астрономия доказывала состоятельность гелиоцентрической модели и предполагала, что небесные тела подчиняются физическим законам. Галилей опубликовал первые наблюдения в 1610 году, в книге Sidereus Nuncius («Звездный вестник»), и новость о ней мгновенно распространилась по всей Европе. В начале работы ученый пишет: «Велико значение вопросов, предлагаемых мной в этом кратком трактате вниманию и изучению исследователей природы. Велико как по исключительности самого материала, так и по его новизне, поскольку ранее эти вопросы никогда не поднимались, а также из-за инструмента, благодаря которому рассматриваемые предметы впервые открылись нашему взору».

Сегодня мы бы сказали, что «Звездный вестник» – это что-то вроде рекламного буклета, в котором Галилей восторженно описывает возможности изготовленной в его мастерской «зрительной трубы» – первого телескопа. Однако в то время книга действительно имела огромный научный интерес. Галилей передал Кеплеру экземпляр «Звездного вестника» через Джулиано Медичи, который был послом Тосканы в Праге, и ученый подробно ответил автору. Философы всего мира внимательно следили за реакцией математика, так что письмо Галилею превратилось в целую книгу, короткую, емкую и любопытную. Галилей на нее так и не ответил – это было типично для отношений между двумя великими учеными. Кеплер был гораздо более общительным, чтобы не сказать единственным участником этой беседы. К чести Галилея, однако, стоит отметить, что именно он рекомендовал Кеплера на пост главы вакантной кафедры в Падуе. Ученые однозначно уважали друг друга и, возможно, даже испытывали взаимное восхищение.

Ответ Кеплера назывался Dissertatio cum Nuncio Sidereo, или «Разговор со Звездным вестником».

В адрес ученого звучали упреки в том, что в его рукописи чрезмерно много лести Галилею, которого он называет талантливейшим, говорит о прямоте его суждений, тонкости его ума и так далее. Но в действительности не стоит принимать письменное обращение за чистую монету. При всей вежливости содержание книги критично. Кеплер говорит, что многие идеи Галилея не соотносятся с его прежними высказываниями, и даже требует признать свое первенство в отношении некоторых идей.

Перед тем как Кеплер получил Sidereus Nuncius, до него дошла новость, что Галилей открыл четыре новые планеты, и, не имея больше информации, он стал ломать голову над тем, что же это были за планеты: были это спутники планет, подобные Луне,

находились ли они между орбитами Марса и Юпитера или кружили вокруг одной из неподвижных звезд? Когда книга попала Кеплеру в руки, тот узнал, что речь шла о планетах, которые мы сегодня называем Галилеевыми спутниками Юпитера. В письме, сопровождающем книгу, Галилей просил Кеплера высказать свое мнение о его труде. Но мы обсудим более важные аспекты астрономии, чем описанные Галилеем.

ТЕЛЕСКОП

Кеплер напомнил коллеге, что у телескопа были предшественники, в частности описанные в работе Джамбаттиста делла Порты под названием «Естественная магия» (1558). Немецкий астроном отмечал, что он сам, изучив исследование Порты о телескопе, давал в своей «Оптике» теоретическое объяснение работы фокусирующих и рассеивающих линз. Кеплер не был точен: комбинация линз, использующаяся в телескопе, в его «Оптике» не рассматривалась, и лишь на одной странице этого труда была проиллюстрирована работа фокусирующей и рассеивающей линз.

Кеплер сам хотел построить телескоп с 32-кратным увеличением, но он этого не сделал, потому что думал, что воздух «густой» и поэтому сделает изображение мутным. Так что даже при 32-кратном увеличении Луны рассмотреть детали в ее замутненном изображении было бы невозможно. Галилей своими наблюдениями доказал, что это не так, и получил четкое изображение Луны. Из этого можно было сделать вывод, что пространство между Луной и Землей практически пустое. Сегодня такой вывод кажется наивным, но в 1610 году это был важный шаг вперед.

Иоганн Писторио (1546-1608) и Кеплер ранее вели дискуссию, в ходе которой последний утверждал, что измерения Тихо Браге не могли быть еще лучше, таким образом, наблюдательная астрономия достигла своего потолка. Погрешность наблюдений Браге составляла 2 минуты для планет и еще меньше для неподвижных звезд, а ведь этот астроном располагал лучшим на то время оборудованием. Писторио считал, что данные можно будет улучшить, используя линзы. Глядя на открытия Галилея, Кеплер должен был признать правоту Писторио.

Также ученый заявил, что он построил бы телескоп по-

другому, и даже сделал некоторые расчеты для этого. У Кеплера действительно было больше возможностей, чем у Галилея, чтобы разработать модель телескопа. Хотя Галилей абсолютно не понимал, почему телескоп увеличивает изображение, однако, используя секреты голландских мастеров и совершенствуя созданный ими прибор, он двигался путем проб и ошибок, не пользуясь никакой геометрической теорией оптических лучей, и в результате пришел к успеху.

ЛУНА

Дискуссии о Луне сегодня кажутся нам наивными, но чтобы понять их важность, нужно оказаться в 1610 году. Кеплер стремился соперничать с Галилеем не при помощи телескопа, а используя картонку с отверстием и линзу, которая проецировала изображение Луны на расстояние 12 футов. Таким образом можно было разглядеть на лунной поверхности гораздо больше деталей, чем при изучении ее невооруженным глазом. До этого Кеплер верил, что темные участки представляли собой землю, а блестящие – море, но после работы Галилея он признал, что на самом деле все было ровно наоборот, поскольку телескоп показывал наличие образований, похожих на горы, в блестящих участках. Особенно хорошо это было видно во время лунных закатов и восходов. Галилей предполагал, что Луна не состоит из воды и суши.

Материя лунного шара не является водой и землей.
Галилео Галилей

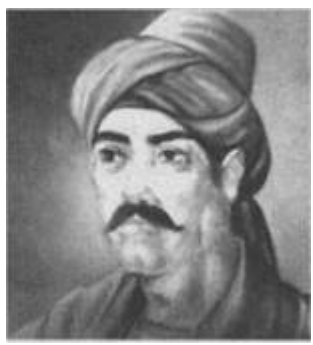
ОТ АРИСТАРХА ДО БРУНО

Первая известная гелиоцентрическая модель принадлежит Аристарху Самосскому (310-230 годы до н.э.). Его концепция основывалась на измерениях, а не только на теоретических выкладках. Астроном знал соотношение расстояний Земля – Солнце и Земля – Луна. Наблюдая лунное затмение, он определил размер спутника и, таким образом, расстояние до него, а затем расстояние до Солнца и его размер. Определив, что Солнце гораздо больше Земли и Луны, ученый предложил

ясную и точную гелиоцентрическую модель.

Стоит упомянуть и таких сторонников гелиоцентрической гипотезы в Средние века, как Ибн-Рушд (1126-1198 годы) и его ученик Ал-Битруджи (умер в 1204 году), а также Насир ад-Дин ат- Туси (1201-1274) из Мараги, Персия.

Ранее считалось, что орбиты – это окружности, заключенные в сферы, потому что господствовала аристотелевская идея о том, что круг – самая совершенная фигура. Поскольку в действительности орбиты не круглые, а Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот, геоцентрические модели должны были включать эпициклы и другие усложнения. Круг может быть простой правильной фигурой, но два круга – это уже нечто иное, они нарушают аристотелевские простоту и совершенство. Средневековое описание космоса было очень сложным, и эта сложность привела к тому, что позднее Вольтер вложил в уста Альфонса X фразу: «Если бы Бог захотел со мной посоветоваться о строении Вселенной, я бы подал ему несколько идей». Коперник поддерживал идею о совершенстве круга, из-за чего тоже должен был добавлять в свою модель эпициклы. Так же поступил и Тихо Браге. Кеплер отказался от круга, хотя и продолжал помещать Солнце в центр Вселенной. А Николай Кузанский и Джордано Бруно первыми высказали мысль, что ни Земля, ни Солнце не находятся в центре… потому что центра нет.



Нур Ад-Дин Ал-Битруджи стал первым астрономом после Птолемея, представившим альтернативную космическую модель. Для Ал-Битруджи движение планет объяснялось физическими причинами.

Кеплер заметил и уже знакомые сегодня лунные кратеры с их характерными круглыми краями. Его интерпретация была весьма оригинальной, хотя и шутливой. Кеплер предположил, что Луну

населяли селениты. Они были крупнее и сильнее человека, так как должны были переносить дневную жару, которая у них длилась целый месяц. А поскольку сами они были большими, то и все вокруг тоже создавали большим.

Вот селениты и возвели эти огромные круглые стены как защиту от Солнца. Внутренняя часть кратеров использовалась под посевы. Сегодня-то мы знаем, что кратеры – это результат метеоритного дождя, но в те времена представить такое было сложно. Кеплер считал, что Луна состоит из пористого материала, похожего на пемзу, из-за чего ее плотность должна быть низкой. Это вполне соответствовало его теории, что вращение Земли продуцирует магнетическую силу, которая заставляет вращаться Луну. А поскольку скорость вращения обратно пропорциональна массе тела, а Луна вращается быстро, то это означает, что наш спутник имеет невысокую плотность.

Наличие лунного лимба Кеплер интерпретировал как доказательство существования атмосферы. Подтверждало эту догадку и заявление Мёстлина, что он наблюдал на Луне огромное черное облако, вероятно, несущее крупную бурю.

Комментарии Кеплера дальше от реальности, чем предположения Галилея, который в целом скептически относился к мистицизму своего немецкого коллеги. Однако оба они верно объяснили пепельный отсвет на поверхности Луны – это солнечный свет, отраженный от Земли, затем его отражение доходит до Луны, и наблюдатель на Земле видит его повторное отражение. Что касается красноватого цвета Луны во время затмений, то Кеплер считал, что он вызван атмосферным преломлением в земной атмосфере, а Галилей – что это разновидность зари, что-то вроде земных рассветов.

В своей книге Кеплер цитирует Аверроэса (Ибн-Рушда), который придерживался идей, близких к гелиоцентризму.

НЕПОДВИЖНЫЕ ЗВЕЗДЫ

В своих объяснениях космоса Кеплер нередко ошибался. Стоит ли удивляться этому? Ведь ученый делал первые шаги в научном познании Вселенной. Он попытался объяснить природу неподвижных звезд и вызвал жаркие дебаты, касающиеся бесконечности космоса, которая сегодня носит название фотометрического парадокса (парадокса Ольберса) (см. следующий параграф).

Галилей обнаружил, что звезд, называемых неподвижными и наблюдаемых невооруженным глазом, гораздо меньше (примерно 6000), чем тех, которые можно увидеть при помощи телескопа (более 10 ООО). Этот факт снова поднимал вопрос о том, бесконечна ли Вселенная, как предполагали Бруно, Николай Кузанский и Гильберт, или же она конечна, как считали Коперник и Кеплер. Галилей не слишком афишировал свое мнение, ведь всего шесть лет назад Бруно за излишнее свободомыслие был сожжен на костре.

СИЛА РАЗРЕШЕНИЯ

В связи с дифракцией оптический прибор не может показывать изображения с неограниченной точностью. Часто в изображении две близкие точки сливаются в пятна, и возможность их различить зависит от разрешающей способности прибора. Минимальное значение пятна, или дифракционный предел, рассчитывается по формуле:

$$R = 1{,}22\,\lambda/D$$

где лямбда – это длина наблюдаемой волны, D – апертура оптического прибора. Разрешающая способность тем больше, чем меньше угол R. Человеческий глаз со зрачком диаметром 2 мм может наблюдать волны длиной 500 нм и имеет разрешающую способность в 1'. Оптический телескоп диаметром 30 см имеет разрешающую способность примерно 0,5", а профессиональный, диаметром 4 м, 0,01" . Однако разрешение не может расти неограниченно из-за атмосферной турбулентности, которая продуцирует изображения размером примерно 1" в зависимости от места и времени наблюдения. Турбулентность вызывает изменение индекса рефракции, из-за чего изображение звезды расширяется, а его контрастность падает. Для предотвращения подобного эффекта все большие телескопы должны использовать специальные технологии. Так, в оптическом телескопе GRANTECAN (Большой канарский телескоп на острове Ла Пальма) диаметром 10,4 м и с разрешающей способностью 2 х 10^{-4} минуты дуги применяется адаптивная оптика, в которой подвижное зеркало принимает форму, компенсирующую деформацию изображения. Линза одного из телескопов, построенных Галилеем, имела 33 мм в диаметре, поэтому его разрешающая способность была в 16

раз выше, чем у человеческого глаза, и размер звезды в нем уменьшался, а размер Луны, напротив,увеличивался.

Крупнейший в мире Большой канарский телескоп, находящийся в обсерватории Роке де Лос Мучачос, на острове Ла Пальма.

Телескоп не только увеличивал предметы и приближал их, но и собирал больше света, поскольку фокусирующая поверхность объектива была гораздо больше, чем человеческий зрачок. Это позволяло увидеть звезды, которые невозможно было различить невооруженным глазом.

Бесконечность Вселенной была связана с гелиоцентризмом, ведь если Вселенная бесконечна, у нее не может быть центра. Кеплер считал, что Вселенная конечна и представляет собой шар с полостью посередине, где находится Солнечная система. За пределами этой полости существуют звезды – самосветящиеся объекты, имеющие отличную от Солнца природу. Ученый в своей концепции опирался как на религиозное чувство, так и на наблюдения и объективные аргументы.

Он считал, что неподвижные звезды имели угловой размер примерно в одну минуту или больше. Независимо от яркости звезды кажутся примерно одного размера, и это могло бы означать, что чем дальше звезда, тем она должна быть больше. Однако Кеплер посчитал, что на самом деле все звезды более или менее одного размера и находятся примерно на одном и том же расстоянии от Земли. При этом с помощью телескопов можно наблюдать все существующие звезды, потому что большее их количество уже не поместилось бы на небе.

Сегодня нам легко обнаружить ошибку в этом рассуждении. Одной минуте равен не угловой размер звезд, а разрешающая способность человеческого глаза, который просто не в состоянии различить предметы, имеющие меньший размер. Разрешение любого прибора – это минимальный угол между объектами, который может различить оптическая система. Отдельные точки изображения могут рассеиваться или накладываться друг на

друга вследствие дифракции. Изображение точки, видимое глазом или с помощью телескопа, на самом деле представляет собой результат дифракции.

Угловое разрешение прибора приблизительно рассчитывается как частное длины волны и апертуры телескопа или другого оптического прибора. Результат исчисляется в радианах. При видимом свете с длиной волны 500 нм и диаметре зрачка, равном 2 мм, получается, что человеческий глаз имеет разрешение в одну минуту – именно таким Кеплер считал угловой размер звезд. Однако самое лучшее зрение не сравнится с разрешающей способностью телескопа.

Таким образом, видимый угловой размер звезд определяется возможностями человеческого зрения и ограничениями, наложенными дифракцией света, однако этот феномен не был известен в 1610 году. Следовательно, рассуждения Кеплера были блестящими, но ошибочными. Отвечая Галилею, Кеплер шутил, что если бы Вселенная была бесконечной, явления в ней повторялись бы: например, в ней могло существовать два Галилея (или даже больше).

ПАРАДОКС ОЛЬБЕРСА

Этот парадокс, сформулированный немецким астрономом Генрихом Вильгельмом Ольберсом (1758-1840), вводит нас в самое сердце космологии. Предположим, что мы разделим пространство, окружающее нас, на слои одинаковой толщины, словно в луковице. Свет галактик меркнет пропорционально обратному квадрату расстояния, однако площадь слоев луковицы с квадратом расстояния возрастает, поэтому если мы предположим, что плотность галактик во Вселенной постоянна, то их количество в каждом слое возрастает пропорционально квадрату расстояния. Так как мы можем предположить, что количество слоев безгранично, то получим парадоксальный вывод о том, что в каждой точке неба должна находиться какая-либо звезда.

Этот парадокс можно решить, если представить, что Вселенная возникла в определенный момент времени. И если это так, то свет отдаленных галактик не может достичь нас, потому что скорость света конечна. Так, до нас не может дойти свет галактик, которые находятся дальше, чем ct, где c – скорость света, а t – время существования Вселенной.

Мы говорим об этом парадоксе, потому что часто утверждается, что Кеплер сформулировал его гораздо раньше Ольберса. В одном из параграфов «Разговора со Звездным вестником» Кеплера действительно можно найти нечто подобное:

«Итак, если мы возьмем только тысячу из неподвижных [звезд], при этом никакая из них не больше минуты, и если соединим их все вместе на круглой поверхности, они сравнятся [и даже превзойдут] с диаметром Солнца. Но почему все эти солнца не превосходят в блеске наше Солнце? Почему их свет такой слабый?»

Кеплер считал, что Солнце гораздо ярче неподвижных звезд и имеет другую природу. Это соответствовало его идее о том, что Солнце находится в центре Вселенной. Однако отдаленность неподвижных звезд должна иметь какие-то пределы, потому что по мере их удаленности они должны увеличиваться в размере. В этом рассуждении Кеплер подходил вплотную к парадоксу Ольберса, и чтобы его избежать, он предложил концепцию конечной Вселенной. Если Вселенная (или мир, как говорил ученый) конечна и если со всех сторон нас окружает примерно равное количество звезд, значит мы находимся в центре.

Действительно, рассуждения Кеплера близки к рассуждениям Ольберса, но это не означает, что они пришли к одному выводу. Как мы уже отмечали, Кеплер считал, что звезды имеют угловой размер, равный Г, хотя на самом деле этот размер соответствует разрешающей способности человеческого глаза. Также в рассуждениях Кеплера упоминается и об эфире – сегодня мы его называем межзвездной средой. Тихо Браге предположил, что новая звезда, которую он изучал, сформировалась в результате сгущения межзвездного эфира, и Кеплер также был убежден в том. Сегодня считается, что звезды рождаются в результате взрыва межзвездной среды, и это полностью соответствует гипотезе Браге.

Кеплер отрицал, что этот эфир поглощает свет звезд, потому что мы не наблюдаем изменения их формы и цвета. Сегодня мы знаем, что межзвездная среда содержит частицы пыли, которая частично поглощает излучение звезд, однако даже возможное существование межгалактической материи, поглощающей свет, не может объяснить парадокс Ольберса: эта материя постепенно нагрелась бы от излучения и сама начала излучать свет с той же силой, с какой она его поглощает.

Во времена Кеплера невозможно было знать, на каком расстоянии находится «стена» неподвижных звезд. Однако в

своем «Разговоре со Звездным вестником» ученый приводит расчет: расстояние до неподвижных звезд составляет три тысячи раз орбиту Сатурна (при этом Кеплер не объясняет, как получил это число), а орбита Сатурна в десять раз больше, чем орбита Земли (примерно так оно и есть). Из этого следует, что неподвижные звезды должны находиться в $3 \cdot 10^4$ а.е. (напомним, что 1 а. е. – это расстояние от Солнца до Земли). Наиболее яркие звезды находятся в 10 парсеках, или $2 \cdot 10^6$ а.е. Разница значительна. В то время было невозможно определить параллакс звезды, а затем, с помощью триангуляции, расстояние до нее, и неизвестно, каким образом ученый пришел к своим заключениям.

Эта поучительная дискуссия показывает нам, как понятия, которые мы сегодня считаем очевидными, утверждались практически вслепую. Шаги к истине происходили в кромешной тьме, и самое удивительное, что делал их полуслепой астроном.

По мере совершенствования телескопов оставалось все меньше сомнений. Сегодня телескопы все больше и больше, они достигают в диаметре нескольких десятков метров, как, например, E-ELT (European Extremely Large Telescope, 39 м) или SKA (Square Kilometre Array).

Сегодня общая теория относительности позволяет нам постичь Вселенную, занимающую конечное пространство, но мы не можем нащупать ее центр или границы.

ТУМАННОСТИ

Этот термин Кеплер использовал для Млечного Пути и Магеллановых Облаков, поскольку только эти туманности можно наблюдать невооруженным глазом. Магеллановы Облака были открыты за 100 лет до Кеплера, во время путешествия Магеллана и Элькано. Считается, что именно Галилей предположил, что Млечный Путь в действительности является огромным скоплением звезд, однако эта точка зрения возникла еще раньше. Кеплер говорил, что Млечный Путь – это «скопление звезд, свет которых сливается из-за ограниченности человеческого зрения».

СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

Поскольку угловое расстояние, на котором находились четыре новые планеты от Юпитера, не превышало 14', они вполне укладывались в теорию молодого Кеплера, выдвинутую в «Тайне мира», о том, что существует всего шесть планет. Другие планеты могли существовать в небольшом зазоре между правильными геометрическими фигурами и планетарными орбитами, не разрушая при этом предложенную модель. Кеплер предположил, как должны видеть нашу Луну обитатели Юпитера или Сатурна, и впервые предложил название «спутник» для Луны и четырех новых планет Юпитера.

Галилей назвал спутники Юпитера Звездами Медичи, посвятив их своим меценатам – семье Медичи, однако по предложению Кеплера Симон Марий (1573-1624) дал им современные названия: Ио, Европа, Ганимед и Калисто.

Кеплер – отец этих четырех звезд.
Симон Марий о четырех спутниках Юпитера

Религиозная философия Кеплера привела его к великим открытиям. Однако так же часто он становился и жертвой средневекового образа мыслей. Юпитер должен быть обитаемым, думал Кеплер, поскольку наша Луна нужна нашей астрологии. Ей не нужны четыре новых спутника, поскольку мы их все равно не видим невооруженным глазом. Но если они существуют, значит, они нужны жителям Юпитера. Кто его населяет? Вероятно, они менее благородны, чем мы, поскольку Юпитер менее благороден, чем Земля. Мы находимся посередине, с тремя звездами внизу (Солнце, Меркурий и Венера) и тремя вверху (Марс, Юпитер и Сатурн). И именно потому, что мы находимся в середине, мы можем наблюдать Меркурий. Однако житель Юпитера Меркурий не увидит, и значит, эта планета не будет служить астрологии на Юпитере. Следовательно, эта астрология будет беднее земной. Ну и так далее.

«НОВАЯ» ЗВЕЗДА КЕПЛЕРА

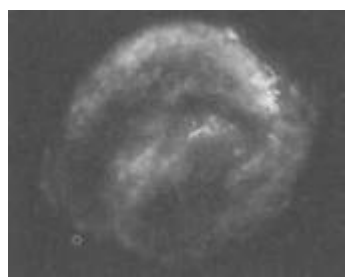
В 1604 году произошло одно из уникальных событий – вспышка сверхновой звезды в созвездии Змееносца. Открыл ее не Кеплер, однако как придворный математик он должен был опубликовать свое исследование на эту тему. Сверхновой посвящена работа De Stella nova in pede Serpentarii («О новой

звезде в созвездии Змееносца»), а сама звезда так и называется – сверхновая Кеплера.

Эта книга, как и другие труды Кеплера, очень пространна. Но что можно было сказать о сверхновой в 1606 году? Место появления, расстояние до нее, изменение яркости с течением времени, предположения о природе звезды и, пожалуй, все. Однако книга содержит 30 глав и представляет собой изложение астрологических и религиозных представлений ученого, которые перемежаются скрупулезным изложением данных наблюдений.

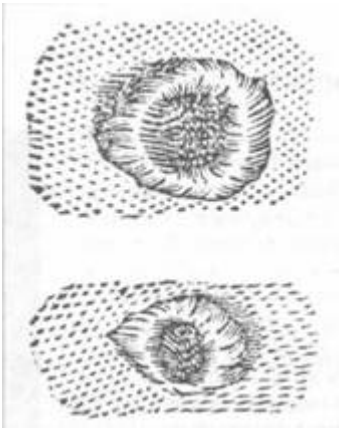
ЧТО ТАКОЕ СВЕРХНОВАЯ

Сверхновая – это звезда, блеск которой в результате вспышки увеличивается на десятки звездных величин в течение нескольких суток. Вспышка происходит, когда в белый карлик перетекает вещество от второго компонента двойной звездной системы – красного гиганта. Интенсивность излучения при этом такова, что вспыхнувшая сверхновая затмевает свою галактику, то есть излучает, как 1011 солнц. Излучение включает волны разной длины и является источником нейтрино и космических лучей, преимущественно протонов и электронов, на релятивистских скоростях, при которых формируются почти все химические элементы тяжелее железа. Тот факт, что на Земле есть золото, свинец, уран и другие элементы, подтверждает, что материя нашей планеты пережила ряд мощных взрывов. Обычные звезды (так называемые звезды главной последовательности) могут формировать менее тяжелые элементы, чем железо, с помощью плавления, однако для создания более тяжелых элементов необходимо огромное количество энергии, сравнимое с энергией, выделяющейся при взрыве сверхновой.

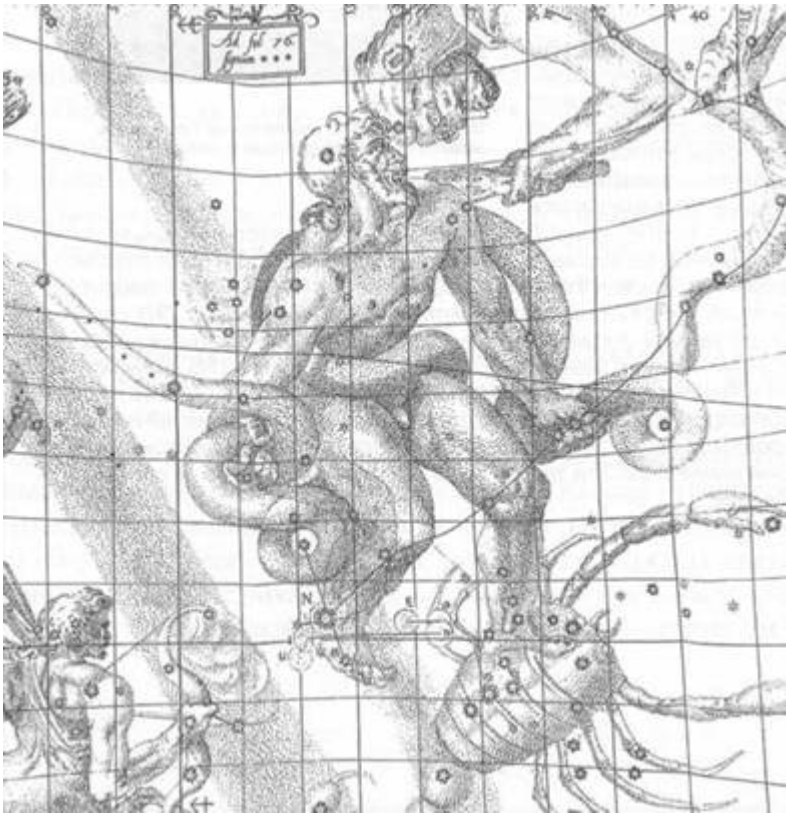


Остаток сверхновой Кеплера сегодня.

Иллюстрация, выполненная Кеплером и изображающая Луну, напечатана в его Dioptrice в 1611 году.



Так Галилей представлял кратеры Луны, которые он наблюдал с помощью телескопа. Иллюстрация появилась в одном из его писем, отправленном астроному- иезуиту Кристоферу Гринбергеру в 1611 году.



Гравюра из De Stella nova in pede Serpentarif, произведения Кеплера, посвященного исследованию сверхновой, которую он наблюдал в 1604 году. Звезда появилась в созвездии Змееносца, которое изображено в виде человека, держащего змею; у его правой ноги видна вспышка.

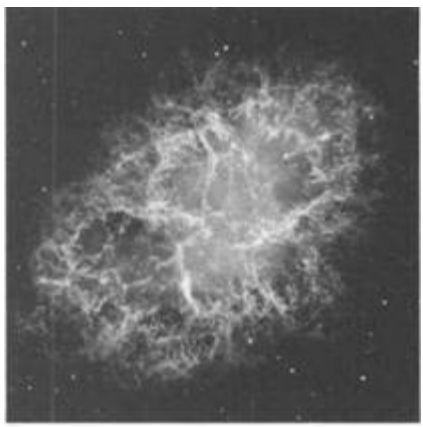
ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕРХНОВЫЕ

Согласно современным данным, в нашей галактике за последние 600 лет появились четыре сверхновые, причем сверхновая Кеплера была последней из них. Самая древняя сверхновая, о которой нам известно, появилась около 1006 года и была описана египетским астрологом и врачом Али ибн Ридваном (988-1067).

(Альфонс X Мудрый приказал перевести его комментарии к «Тетрабиблосу» Птолемея). Эта сверхновая была обозначена как SN 1006. Ее наблюдали в Швейцарии, Ираке, Китае и

Японии, и ее вспышка была настолько яркой, что позволяла ночью различать предметы.

Наиболее известный остаток сверхновой – Крабовидная Туманность, которая является мощным источником X-лучей. Ее взрыв, видный даже днем, был подробно описан японскими и китайскими астрономами в 1054 году. О ней также говорится в Wenxian Tongkao, составленном Ма Дуанлинем в 1280 году. В 1181 году, также в Китае и Японии, появились описания другой сверхновой, сияние которой можно было наблюдать в течение 185 дней, хотя данных о ней немного. Так называемая сверхновая Тихо появилась в созвездии Кассиопеи в 1572 году. Ее специально изучал испанский астроном Иероним Муньоз (1520- 1591), о котором Тихо Браге упоминает с большим уважением. Эта звезда была настолько яркой, что ее свет затмевал Венеру.



Современный вид Крабовидной Туманности, остаток взрыва сверхновой в 1054 году.

Кеплер получал многочисленные письма со всей Европы. Очень любопытно наблюдение астронома Антонио Лаурентино:

«Сначала она показалась маленькой, а затем, день за днем, росла, пока не восстала во всем своем величии, распространяя свет почти как у Венеры и более, чем у Юпитера».

Сияние сверхновых в течение определенного периода времени нарастает, а после достижения максимума постепенно начинает идти на спад. Лаурентино смог заметить появление сверхновой, а для этого нужна была огромная наблюдательность.

Однако Кеплер утверждает, что звезда вспыхнула с самого начала, без нарастания. 28 октября ее могли наблюдать уже

многие, но не сам Кеплер, которому мешала облачная погода.

Одиннадцать первых глав книги посвящены астрологии. В определенном смысле это оправдано, потому что сверхновая появилась при схождении Юпитера, Сатурна и Марса, в огненном треугольнике, куда включены Телец, Лев и Стрелец и в котором схождение Юпитера и Сатурна случается каждые 800 лет. Такое расположение звезд предзнаменовало великие происшествия.

Новая звезда появилась рядом с этими планетами. Кеплер пишет: «Между новой и Юпитером 3°281/2'; Марсом 8°31'; Сатурном 6°2' или 6° 14'». Безусловно, это замечательное совпадение, которое заставило некоторых астрологов заявить, что новая была порождена планетами. Однако Кеплер отверг эту мысль. Он в течение длительного периода времени измерял угловое расстояние от новой до других неподвижных звезд и не зафиксировал никакого параллакса, из чего следовало, что новая была неподвижной, находилась на гораздо большем расстоянии и была значительно крупнее указанных планет. «Слон не может быть рожден от мухи».

Что могло вызвать формирование сверхновой? Аристотелевская идея о том, что сфера неподвижных звезд неизменна, до XVI века не вызывала серьезных возражений. Однако появление новой звезды доказывало, что теория не совсем верна. Кеплер придерживался объяснения, которое задолго до этого дал Тихо Браге, изучавший новую звезду, появившуюся в 1572 году (самому Кеплеру в это время исполнился всего один год). Если использовать современную терминологию, то Браге считал, что новая сформировалась из эфира Млечного Пути способом, похожим на тот, каким формируются сверхновые типа И. В этой гипотезе стоит всего лишь заменить слово «эфир» на «межзвездное пространство». Вот что писал Кеплер:

«Появившаяся в тот год звезда не была сформирована материей Млечного Пути, которая, будучи распыленной, перемещалась по пространству этого знаменитого зияния, и как только была поглощена, то место осталось пустым и свободным от рассеянного белесого света».

Эта гипотеза и современная точка зрения о формировании остатка сверхновой имеют некоторое сходство, однако сегодня вместо «исчезновения всей плоти» звезды мы бы сказали о том, что на ее месте осталась нейтронная звезда. Чуть позже Кеплер выразился иначе:

«Материя новой была принята ею в собственной сфере

неподвижных звезд, а как только звезда погашена, она (материя) снова возвращена в ту же сферу неподвижных».

Чтобы доказать эту оригинальную гипотезу, Кеплер решил наблюдать за пространством Млечного Пути, где появилась сверхновая.

Звезда угасала и примерно через год исчезла совсем. Кеплер отметил, что ее поведение очень похоже на поведение сверхновой, которую наблюдал Тихо Браге.

ПЕРИОДИЗАЦИЯ МИРА

Некоторые утверждения Кеплера сегодня кажутся очень наивными. Схождение Юпитера и Сатурна в огненном треугольнике предзнаменовало большие исторические события. Мы приводим таблицу, составленную Кеплером.

Периоды	Дата до Рождества Христова	Дата от Сотворения мира	Знаменитые личности	События, которые ты, читатель, можешь присвоить треугольнику
1	4000	0	Адам	Создание мира
2	3200	800	Енох	Грабежи, стычки, появление городов, искусств, правление тиранов
3	2400	1600	Ной	Потоп
4	1600	2400	Моисей	Исход из Египта, скрижали Завета
5	800	3200	Исаия	Культуры: греческая, вавилонская, римская

6	ПослеРождества	4000	ИисусХристос	Римская монархия. Наш Господь
7	800	4800	КарлВеликий	Империя Западная и сарацинская
8	1600	5600	Рудольф II	Наше время, когда я живу и работаю
9	2400	6400		

В столбце событий, касающихся будущего, девятого, периода, Кеплер написал: «Где будем мы и что случится с нашей блистательной германской нацией? Кто станет нашим последователем? Вспомнит ли он о нас? Если наш мир все еще продолжит существовать…» Также примечательно, что Кеплер упоминает о своем покровителе Рудольфе II наряду с такими историческими фигурами, как Адам или Иисус Христос. Однако больше всего привлекает внимание тот факт, что Кеплер думал, будто мир был создан 4000 лет назад. В своей работе «Тайна мира» ученый написал, что мир был создан 27 апреля 4977 года до Рождества Христова.

КОМЕТЫ

Кеплер вызывал в Праге восхищение благодаря своему таланту математика и астронома. Но еще более он был известен как составитель гороскопов, в которых делал метеорологические прогнозы и предсказания. В альманахе 1618 года Кеплер предсказал великое противостояние народов, и действительно, началась Тридцатилетняя война.

Также ученый предсказал появление кометы, однако он ошибся: их было целых три. В 1607 году Кеплер предсказал появление еще одной кометы, которая позже будет названа кометой Галлея. Люди с нетерпением ожидали толкования появления этих ярких загадочных звезд. Кеплер утверждал, что траектория комет была прямолинейной (сегодня мы знаем, что он ошибался), и говорил, что хвост кометы отравляет земной воздух и предвещает катастрофические последствия для человечества.

Кеплер предполагал, что «лучи Солнца пересекают тело кометы и уносят частицы его материи» – так и формируется

хвост. Также ученый отрицал утверждения Аристотеля о том, что кометы являются атмосферными явлениями, присущими подлунному миру. Кеплер считал кометы дальними звездами, но не относил их к сфере неподвижных звезд.

Астроном предполагал, что кометы, как и планеты, имеют свои орбиты, однако не уточнял, как именно они проходят. Сегодня считается, что источником долгопериодических комет является Облако Оорта – гипотетическая область Солнечной системы, названная в честь астронома Яна Хендрика Оорта (1900-1992) и расположенная примерно на расстоянии светового года от Земли.

ГЛАВА 4 Предвестник современной науки

Три закона Кеплера были огромным вкладом в современную астрономию. Первоначально они применялись лишь к планетам, но сегодня сфера их действия распространяется на все звезды. Существует вероятность того, что во внешних частях галактик третий закон не выполняется: как предполагают, галактики погружены в темную материю. Проследим за рождением одной из самых впечатляющих гипотез современной науки о Вселенной – гипотезы о существовании темной материи.

Судьба человека зависит не только от его воли или таланта, но и от обстоятельств его жизни. По всей видимости, это правило неприменимо к Иоганну Кеплеру, рассказ о котором мы прервали на том, что ученый оказался в австрийском Линце. Здесь в это время шла война, и в конце концов математик покинул город, однако удивительно, что прежде чем сделать это, Кеплер ни на минуту не прекращал исследования и продолжал работать даже тогда, когда боевые действия развернулись в его собственном доме, причем в буквальном смысле слова.

В Европе в это время распространялась Контрреформация, требовавшая изгнать всех, кто не желал исповедовать католичество, и изъять еретические книги. Свобода вероисповедания была резко ограничена, возмущенные крестьяне подняли восстание, одержали ряд побед и осадили Линц.

Иоганн Кеплер жил здесь в прекрасном доме, расположенном рядом с городской стеной, и из окон открывался вид на прилегающую равнину. Однако после начала сражений жилье Кеплеров стало идеальным местом для наблюдения за маневрами постанцев, и в доме ученого расположились военные.

Дверь жилища была распахнута днем и ночью. Стрельба велась прямо из окон спальни в любое время суток, однако несмотря на грохот и взрывы Кеплер продолжал работать…

Он мечтал скорее отпечатать свои труды, а также завершить издание Рудольфовых таблиц, но во время одного из вооруженных столкновений городская типография Линца сгорела. После этого, в 1627 году, как мы уже писали, ученому пришлось покинуть город, оставить семью в Регенсбурге, а самому отправиться в Ульм, чтобы лично контролировать печать таблиц.

После того как книга была напечатана, Кеплер задумался о том, куда же ему теперь направиться. Братья во Христе его ненавидели, а обращаться в католичество для ученого было

неприемлемо. Центральную Европу охватила ожесточенная борьба кальвинистов, лютеран, католиков и сторонников других конфессий, и этой войне суждено было продлиться 30 лет. Кеплера никто не ждал, и податься ему было некуда.

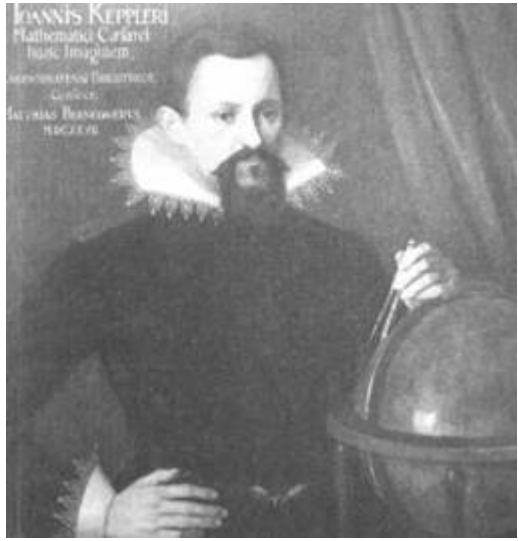
Тогда ученый решил отправиться в Прагу, чтобы лично доложить императору Фердинанду II, который к тому времени сменил на троне Матиаса, о завершении миссии и вручить ему отпечатанный экземпляр Рудольфовых таблиц. Кеплер опасался, что при дворе его встретят неприязненно, ведь новый император лично распорядился изгнать из города всех, кто не был католиком.

Однако прием оказался очень любезным. Фердинанд осыпал ученого почестями и выразил ему свое искреннее уважение, однако вскоре начал мягко подталкивать его к принятию католичества. Стоит отметить, что Кеплер называл католиками приверженцев Реформации, Контрреформации, англиканцев, кальвинистов и гугенотов, а тех, кого все называли католиками, ученый считал папистами.

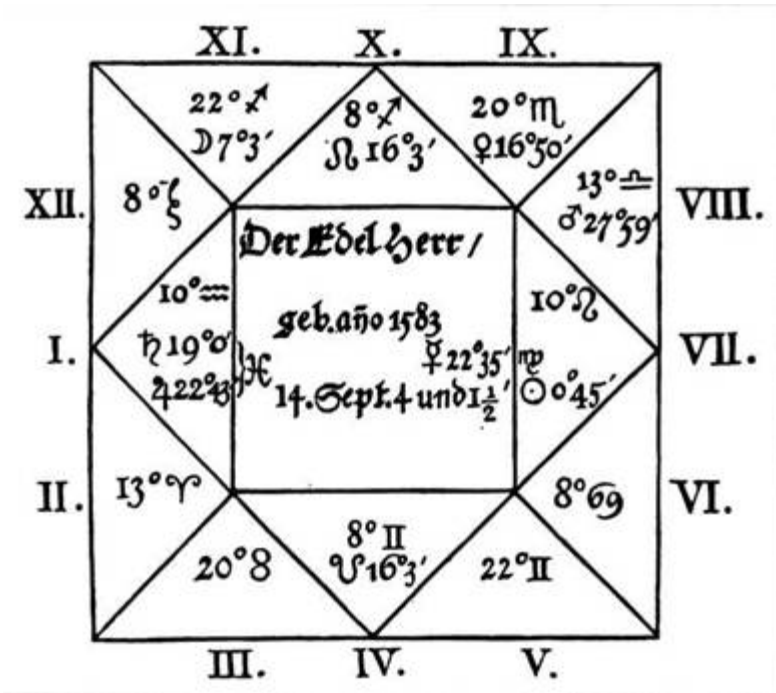
Он всячески сопротивлялся переходу в другую конфессию, и к этому времени уже было ясно, что его не сломить никакими угрозами о применении силы или изгнании. Оставалось взывать к разуму ученого. Кеплер всегда ценил спокойную беседу, поэтому, несмотря на религиозные противоречия, его связывали теплые, даже дружеские отношения с некоторыми иезуитами, особенно с отцом Паулем Гульдином (1577-1643). Последнему и было поручено привести ученого в католическую веру.

Гравюра Питера де Йоде Младшего, изображающая генерала Альбрехта фон Валленштейна, приютившего Кеплера с семьей в

своем дворце в городке Саган.



Иоганн Кеплер, портрет кисти неизвестного автора, 1620 год.



Один из гороскопов, составленных Кеплером для Валленштейна. Этот полководец не начинал ни одного дела без консультации с астрологом.

Как это ни парадоксально, Кеплер жаждал единения всех

христиан, но при этом не был согласен отказаться от своих убеждений. Вся настойчивость и увещевания отца Гульдина разбились о несокрушимую стену, а Кеплеру пришлось покинуть Прагу. Также ему было запрещено находиться на любой католической территории империи.

Верность своим убеждениям всегда считалась похвальным качеством, однако в этот раз из-за расхождений в таких вопросах, как вездесущность Христа или правила причастия, Кеплер готов был принести в жертву будущее своей семьи и свое собственное будущее. Император и друзья ученого из числа иезуитов очень долго и очень мягко пытались склонить его на свою сторону. Все это время Кеплеру было позволено занимать должность императорского и городского математика и рассчитывать на полагающееся жалование. Однако снисходительность имела свои пределы, а ученый наотрез отказывался принять католичество несмотря на то, что братья-лютеране смотрели на него с недоверием и по-прежнему отказывали в причастии.

К счастью, в Праге судьба приготовила Кеплеру счастливую встречу с Альбрехтом Валленштейном. Этот генерал, разбивший датскую и французскую армии, считался самой влиятельной фигурой при дворе. Однако знаменитый полководец был невероятно суеверным и безоговорочно полагался на предсказания астрологов. Известно, что еще в молодости Валленштейн через третье лицо заказал у Кеплера свой гороскоп и щедро заплатил за него.

По всей вероятности, полная анонимность не была соблюдена, так что ученый знал, кому он предсказывает будущее.

По мнению Валленштейна, предсказания сбылись полностью, и генерал решил взять самого известного астролога империи под свою защиту. Сам он таким образом получал возможность постоянно прибегать к советам Кеплера.

В качестве вознаграждения за свои победы Валленштейн получил от императора герцогство Саган в Силезии, примерно в 160 км к северу от Праги, куда религиозные распри пока не добрались. Генерал не придерживался ни одного из религиозных учений и вообще был человеком дела, не терпящим разглагольствований. Валленштейн предложил Кеплеру щедрое жалование, а также предоставил в его распоряжение собственную типографию. Таким образом в 1628 году семья Кеплеров обосновалась в Сагане.

Хотя в материальном смысле жаловаться ученому было не на что, однако он страдал из-за отсутствия в городе подходящей научной и культурной среды. Кеплер не понимал местного диалекта, а горожане не знали латыни. В довершение ко всему

Контрреформация добралась и до Сагана, и перед учеными встали те же трудности, что и в Граце, Линце и Праге.

Здесь мы на время отвлечемся от жизни Иоганна Кеплера и вернемся к его научным изысканиям.

ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Давайте рассмотрим влияние законов Кеплера на классическое толкование астрономических явлений и на недавние исследования в области астрофизики. Начнем с некоторых любопытных наблюдений. Орбита всех планет имеет эллиптическую форму, что отражено в таблице с данными об их эксцентриситете относительно Солнца (для Луны расчеты выполнены по отношению к Земле).

Планета	Эксцентриситет
Меркурий	0,206
Венера	0,007
Земля	0,017
Марс	0,093
Юпитер	0,048
Сатурн	0,056
Уран	0,047
Нептун	0,009
Луна	0,055

В таблицу не включен Плутон, однако его эксцентриситет также очень высок (0,25). Ввиду этого в течение сидерического года, длящегося 247,7 земного года, в определенные промежутки времени Плутон оказывается ближе к Солнцу, чем Нептун, например это наблюдалось в период с 1978 по 2000 год. Эксцентриситет, или e, рассчитывается по формуле

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2},$$

где a – это большая полуось, а b – малая полуось орбиты.

ДВИЖЕНИЯ ЛУНЫ

Орбита Луны обладает ярко выраженным эксцентриситетом,

и скорость движения нашего спутника непостоянна. Это открытие было детально описано вавилонским астрономом Кидинну в IV веке до н. э. Расстояние от Земли до Луны варьируется от 406700 до 356400 км, а угловой радиус видимого диска Луны – от 29’22” до 33’31”. По этой причине скорость вращения нашего спутника также подвержена изменениям, что вызвало к жизни теорию движений Луны, на которой мы остановимся лишь вкратце.

Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной, поскольку период ее обращения вокруг Земли совпадает с периодом вращения вокруг собственной оси. Это явление справедливо для большинства спутников и обусловлено влиянием приливов, создающихся за счет разницы в гравитации. Другими словами, в зависимости от степени близости спутника планета притягивает его с большей или меньшей силой. В период, когда Луна находилась в менее твердом состоянии, чем сейчас, приливы вызывали большую скорость вращения на наиболее приближенных к Земле участках планеты, однако из-за трения вращение замедлялось, и влияние приливов должно было полностью исчезнуть в тот момент, когда Луна начнет обращать к Земле всегда одну и ту же сторону, то есть когда лунный день станет равен земному месяцу.

Сегодня из-за приливов океаны вращаются со скоростью, отличной от скорости движения материков, и это тормозит движение Земли. Каждые 500 лет день становится длиннее примерно на одну секунду. Хотя этот процесс проходит медленно, его необходимо учитывать при астрономических расчетах, претендующих на высокую точность.

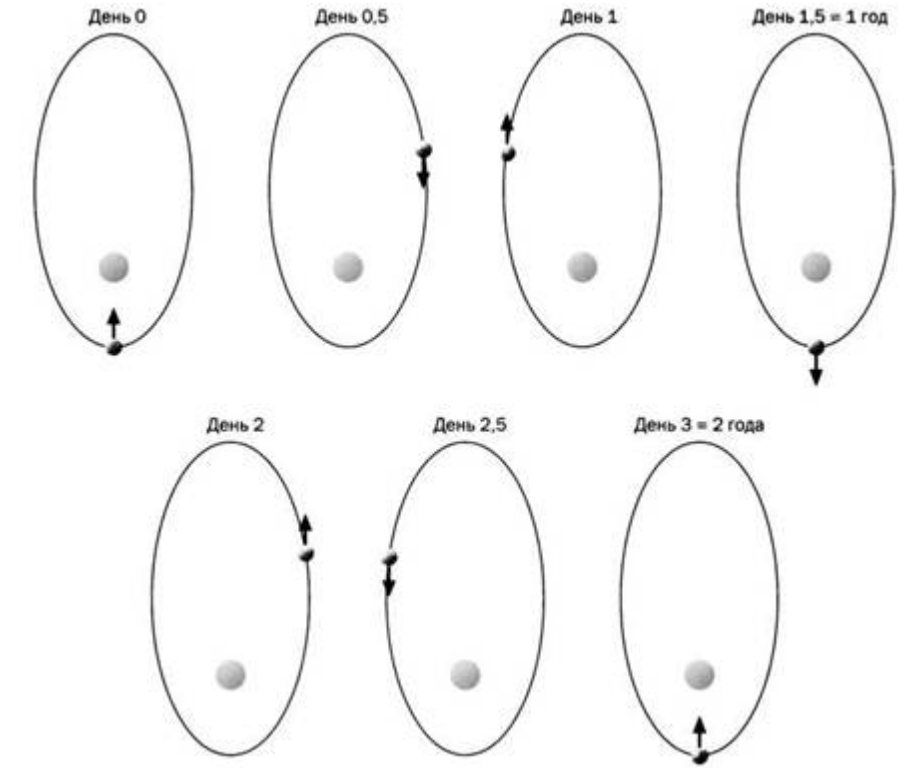
Постепенное удлинение дня приводит к удалению от Луны в связи с эффектом сохранения кинетического момента системы Земля – Луна. Сегодня удаление составляет около 3,8 см в год.

Итак, согласно второму закону Кеплера скорость движения Луны, в отличие от скорости ее вращения, не является постоянной. Этим объясняются колебательные движения Луны, благодаря которым в определенные дни месяца мы можем увидеть небольшие участки по краям невидимой стороны Луны. То есть на самом деле мы можем наблюдать не 50, а 59 % ее поверхности.

СУТКИ НА МЕРКУРИИ

С Меркурием и его расположением по отношению к Солнцу

происходит то же самое, что и с Луной по отношению к Земле. Период движения и скорость вращения планеты соотносятся не как 1:1, а как 3:2. Год на Меркурии равен 88 земным дням, что возможно рассчитать благодаря третьему закону Кеплера, а сутки – 58,65 земного дня. Из-за отливов коэффициент составляет 3/2. Год на Меркурии длится 1,5 суток, а его орбита характеризуется высоким эксцентриситетом (e = 0,206).



Ниже приводится длительность года и суток на Меркурии. Стрелка указывает на один из меридианов. Стоит обратить внимание на то, что этот меридиан направлен от Солнца полтора дня, к Солнцу – три дня.

Движения планеты также очень сильно выражены. В перигелии на экваторе скорость движения так высока, что сутки вполне могут стать короче года.

Вследствие этого Солнце на Меркурии восходит на востоке и движется на запад, как и на Земле, однако в полдень останавливается и начинает обратное движение на восток, затем снова останавливается и уже окончательно направляется на запад.

Меркурий поворачивается к Солнцу не всегда одной и той же

стороной. В течение одного года освещена одна половина планеты, а на следующий год – ее вторая половина. Сутки длятся так долго, а расстояние от Солнца такое маленькое, что освещенная половина раскаляется, в то время как затененная – покрывается льдом. Отсутствие атмосферы не позволяет компенсировать разницу температур, и на обеих половинах планеты сохраняется экстремальное состояние. На приведенной схеме можно увидеть длительность суток и года на Меркурии.

СОЛНЦЕ

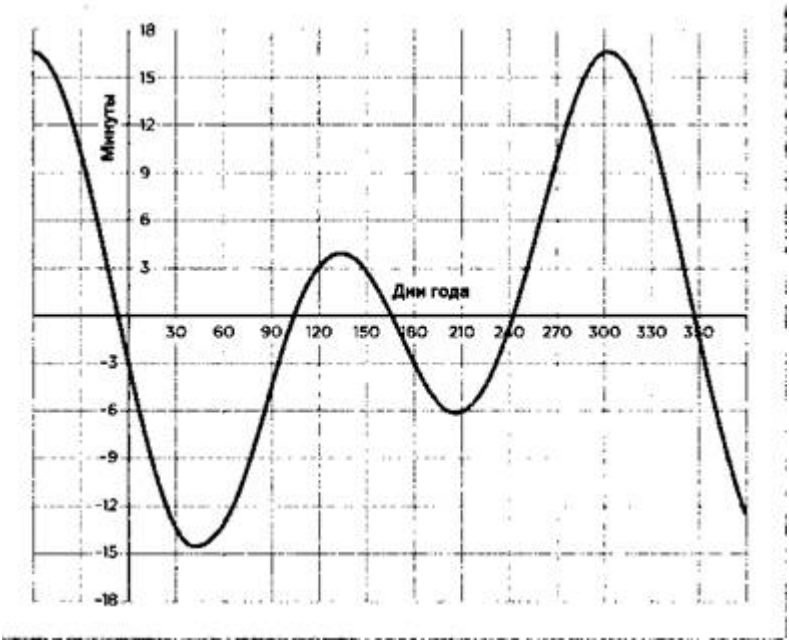
Согласно второму закону Кеплера, скорость движения Земли вокруг Солнца непостоянна. При наблюдении с Земли можно прийти к выводу о том, что угловая скорость вращения светила изменяется.

Солнечные часы не совпадают с обычными или атомными часами. Чтобы объяснить это несоответствие, давайте представим себе, что существует еще одно Солнце, которое пересекает наш небосвод с постоянной скоростью. Настоящее Солнце иногда обгоняет, а иногда отстает от воображаемого, но к концу года они подходят одновременно. Таким образом, мы можем говорить о Среднем Солнечном Времени (ССВ) и Истинном Солнечном Времени (ИСВ).

Разница между ними называется уравнением времени:

УВ = ССВ – ИСВ.

Значение уравнения времени можно узнать в специализированных астрономических изданиях или вычислить, например с помощью астрономических программ.



Уравнение времени, связанное с неравномерным движением Земли вокруг Солнца, следующим из второго закона Кеплера.

В англоязычных изданиях уравнение времени часто имеет инвертированный вид: ИСВ – ССВ. Уравнение времени варьируется в зависимости от времени года.

КОМЕТЫ

Кометы отличаются крайне высоким эксцентриситетом. Они проходят мимо Солнца на большой скорости, однако их апогелий находится так далеко, что по его достижении скорость комет падает практически до нуля. В результате выглядит логичной картина, согласно которой на большом удалении от Солнца кометы почти неподвижны, и в этом месте наблюдается большое их скопление. Такая гипотетическая область называется Облаком Оорта, она расположена от нас на расстоянии от 50 до 100 тысяч астрономических единиц.

Под воздействием гравитационных сил как проходящих мимо небесных тел, так и самой галактики комета начинает двигаться и увеличивать скорость по мере приближения к Солнцу, а затем, пройдя перигелий, она направляется вновь к апогелию, где ее скорость снова резко снижается. Из-за очень длинного орбитального периода за кометами невозможно проследить

(подобные небесные тела называются долгопериодическими кометами). Вероятно, что многие из них вообще никогда раньше не проходили рядом с Солнцем, поэтому обнаружены лишь сегодня.

АНАЛЕММА

Если изобразить склонение Солнца (угол, на который Солнце отклоняется от небесного экватора) в зависимости от уравнения времени в каждый день года, мы получим кривую в виде восьмерки, называемую аналеммой. В силу существования уравнения времени мы наблюдаем не перемещение Солнца вверх и вниз по оси, а его смещение вправо и влево относительно истинного меридиана. На схеме дни летнего и зимнего солнцестояния располагаются, соответственно, в самой верхней и самой нижней точке аналеммы. Дни весеннего и осеннего равноденствия находятся в точках пересечения аналеммы с линией равноденствий.

Изображение уравнения времени в форме аналеммы. За точку

отсчета принят истинный меридиан.

Некоторые кометы имеют короткий орбитальный период. Мы можем их периодически наблюдать и даже предсказывать их появление (как это было с кометой Галлея). Эти небесные тела имеют большой возраст, и короткий орбитальный период связан с тем, что на их первоначальную траекторию повлияли Юпитер и Сатурн, и теперь кометы обречены на движение по орбитам с малыми гелиоцентрическими радиусами. Апогелий кометы Галлея составляет лишь 18 а.е., существуют и меньшие показатели. Эксцентриситет этой кометы равен 0,968, что существенно превосходит показатель для любой планеты, но это несоизмеримо меньше эксцентриситета долгопериодических комет.

На небесном своде, обширном и пустом, грудятся бесчисленные кометы, подобные китам в океане.
Иоганн Кеплер

Кометы, особенно короткопериодические, могут разрушаться вблизи от Солнца. Ежегодно наша планета пересекает прежнюю траекторию такой кометы, на которой находятся ее обломки, рассеянные по всей орбите. Земля проходит орбиту умершей кометы примерно в одни и те же периоды, и в это время мы наблюдаем множество падающих звезд, например, поток Леониды в ноябре и Персеиды – в августе.

ТОЧЕН ЛИ ПЕРВЫЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА?

Ответ на этот вопрос отрицательный. Как мы знаем, многие результаты, полученные в классической физике, после открытия теории относительности были скорректированы. Вблизи от Солнца пространство и время очень искривлены. В релятивистской интерпретации планеты следуют по прямолинейным траекториям в искривленном пространственно-временном континууме, и эта характеристика усиливается рядом с Солнцем. Именно из-за этого Меркурий стал планетой, данные о которой подверглись наибольшим уточнениям. Долгота его перигелия значительно увеличена по сравнению с классическим эллипсом.

Результатом всех уточнений стала открытая траектория –

эллипс, не имеющий четкого перигелия. О смещении перигелия Меркурия, которое составляет 43” за 100 лет, было известно еще до Эйнштейна. Урбен Леверье, глава Парижской обсерватории, предсказавший существование Нептуна по возмущениям на орбите Урана, объяснял смещение перигелия Меркурия влиянием планеты, которая время от времени появляется на его орбите. Авторитет Леверье был высок, и довольно долго считалось, что такая планета, названная Вулканом, действительно существует. Ее открытие в течение нескольких десятилетий приписывалось астроному-любителю Эдмону Лескарбо (1814-1894).

Однако данные Лескарбо и других наблюдателей не согласовывались ни друг с другом, ни с расчетами Леверье, и существование планеты так и не удалось подтвердить. Лишь в начале XX века поведение Меркурия было объяснено с помощью общей теории относительности Эйнштейна без введения дополнительных небесных тел.

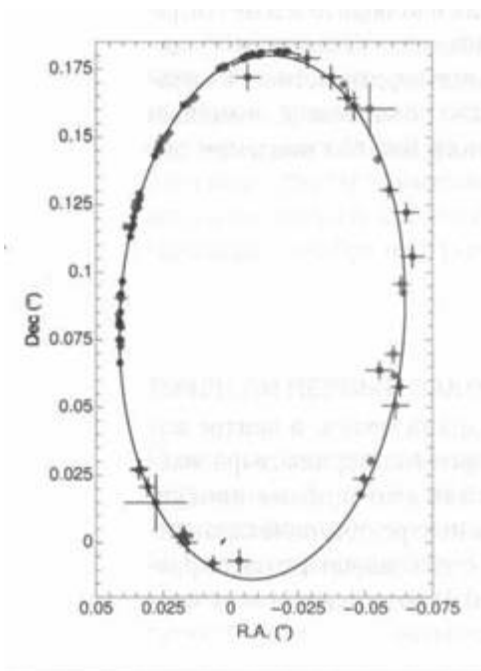
ЧЕРНАЯ ДЫРА В ЦЕНТРЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Квазары – это далекие и мощные ядра галактик, в центре которых, как полагают, находится гигантская черная дыра массой порядка 10*10* массы Солнца. Однако этот признак присущ не только квазарам. Считается, что в центре обычной галактики также есть черная дыра, хотя и не столь впечатляющего размера. Такая галактика, как Млечный Путь, может иметь черную дыру массой 10*6* массы Солнца.

МАССА ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

Двадцать лет назад появились подробные изображения звезд, движущихся вокруг звезды Стрелец A*, компактного радиоисточника, находящегося в центре нашей галактики. Объектом изучения группы исследователей из Института внеземной физики Общества Макса Планка стала звезда S2. Первые результаты, опубликованные в 2003 году (группа Райнера Шёделя), подтвердили наличие у нее эллиптической орбиты. К такому же выводу пришла научная группа из Университета Лос-Анджелеса. Последние данные ученых из двух исследовательских

центров (Стефан Гиллисен из Института внеземной физики, 2009 год, и Андреа Гез из Университета Лос-Анджелеса, 2008 год) позволили построить орбиту согласно первому закону Кеплера. Примерная масса черной дыры составила 4 300 000 масс Солнца.



Орбита звезды S2 (в немецкой планетной номенклатуре), или S02 (в американской), пролегает в центре Млечного Пути вокруг черной дыры, равной 4,3-10 6 массы Солнца. Это изображение было опубликовано в The Astrophysical Journal. Особая благодарность Стефану Гиллисену из Американского физического общества.

Орбита звезды имеет очень высокий эксцентриситет, равный 0,87. Ее галактический перицентр составляет 17 световых лет, что в 3 раза превышает расстояние от Солнца до Плутона, а апоцентр – 10 световых лет. Максимальная скорость вращения равна 5000 км/сек, что в 200 раз превышает скорость вращения Земли вокруг Солнца.

Радиус Шварцшильда (гравитационный радиус) подобной черной дыры может составлять около 10*10* м, в то время как радиус Солнца составляет порядка 7 10*8* м, то есть в черную дыру могут целиком уместиться некоторые звезды.

АККРЕЦИОННЫЙ ДИСК

Имеются все основания полагать, что черная дыра находится не только в центре Млечного Пути, но и в центре других галактик. Материя не поглощается ею сразу, а из-за эффекта сохранения кинетического момента скорость вращения по мере приближения к черной дыре растет – подобно тому, как вода все быстрее движется вокруг отверстия сливной трубы. Материя до поглощения черной дырой вращается вокруг нее, образуя аккреционный диск, который, предположительно, существует вокруг всех галактических черных дыр.

В аккреционном диске газ вращается вокруг черной дыры, расположенной в центре, однако, согласно третьему закону Кеплера, не все участки диска вращаются с одинаковой скоростью. Давайте мысленно разделим диск на тончайшие кольца. По третьему закону Кеплера, квадрат периода обращения этих колец пропорционален кубу расстояния до черной дыры, или же квадрат их угловой скорости w обратно пропорционален кубу расстояния r:

w^2r^3 = константа.

Угловая скорость колец неодинакова, слои, расположенные ближе к черной дыре, будут иметь большие скорости. Это обуславливает наличие внутреннего трения и нагревания, которые наиболее высоки по мере приближения к центру и ослабевают на внешних краях диска. Внутренние слои передают часть своего момента импульса наружу, при этом они приближаются к массивному центру и, в конце концов, падают на него. Фактически траектории отдельных частиц газа имеют вид спиралей, которые медленно закручиваются. Нагревание вследствие трения приводит к выбросу излучения, что и позволяет нам наблюдать черную дыру, вернее материю, которая вращается вокруг нее.

ЗВЕЗДНАЯ МАССА

Массу Солнца можно вычислить, наблюдая за любой планетой Солнечной системы и зная расстояние от нее до Солнца и период обращения планеты. Так же мы можем рассчитать массу Земли, зная расстояние от Земли до Луны и период обращения нашего спутника, – для этого необходимо всего лишь применить закон Кеплера в интерпретации Ньютона. При помощи этого же принципа и уже указанного закона Кеплера можно рассчитать

звездную массу двойных звезд, и это вычисление является практически единственным непосредственным методом вычисления звездной массы. К счастью, частью двойной системы являются многие звезды, так что к настоящему времени наработана обширная статистическая база звездных масс. Масса звезды тесно связана с ее светимостью, или световым потоком, излучаемым в секунду времени. Соотношение массы и светимости имеет следующий вид:

$L \; aM^x$,

где L – светимость, M – масса, x – показатель степени, равный примерно 3 или чуть больше для звезд с очень большой массой.

Подобное соотношение справедливо не только для звезд, относящихся к звездам главной последовательности, которые состоят из идеального газа, 4H -› He.

Двойные звезды могут быть визуальными, спектральными и фотометрическими. В случае визуально-двойных звезд при длительном изучении, например в течение нескольких лет, можно наблюдать, как обе звезды вращаются вокруг общего центра масс, двигаясь при этом по эллиптической орбите. Спектрально-двойные и фотометрические двойные звезды обычно расположены настолько близко, что расчеты крайне затруднительны, так как мы можем наблюдать лишь одну звезду, хотя мы и знаем, что на самом деле их две. В этом случае периоды обращения, как правило, гораздо меньше, и их определение не требует много времени.

Спектрально-двойные звезды можно обнаружить с помощью спектральных наблюдений в течение нескольких ночей. Излучение одного компонента такой звездной системы с определенной периодичностью смещается то в красную, то в синюю часть спектра в зависимости от того, удаляется или приближается звезда. Если спектр второго компонента демонстрирует аналогичные смещения, но в противофазе, то можно утверждать, что перед нами двойная система. Подобное поведение вызвано эффектом Доплера и движением звезды по орбите и позволяет довольно точно определить период ее обращения.

В случае фотометрических двойных звезд мы наблюдаем изменение кривой силы света, то есть отношения светового потока ко времени, из-за того, что звезды затмевают друг друга. Для наблюдения этого явления необходимо, чтобы плоскость орбиты находилась на линии видимости.

Информация, получаемая в ходе наблюдений за двойными системами, меняется в зависимости от типа наблюдения. Расчеты могут быть более или менее сложными, однако принцип остается

неизменным. Не будем вдаваться в подробности формул определения массы и обратимся непосредственно к результатам. В случае визуально-двойных звезд мы наблюдаем эллипс обеих и можем рассчитать их массу:

$$M_1 = \frac{4\pi^2}{G}\frac{A^2 A_2}{\tau^2}$$

$$M_2 = \frac{4\pi^2}{G}\frac{A^2 A_1}{\tau^2},$$

где A_1 – большая полуось звезды 1, A_2 – большая полуось звезды 2, M_1 и M_2 – их массы, $A = A_1 + A_2$ – расстояние между звездами, τ – период обращения. Эти уравнения выводятся непосредственно из закона Кеплера. Таким образом:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{M_2}{M_1},$$

так как центр тяготения должен находиться ближе к более массивной звезде. Если 2 является планетой, $M_2 << M_1$ таким образом, число A_1 ничтожно мало. Это означает, что A приблизительно равно A_2 , и мы получаем закон Кеплера:

$$A_2^3 / \tau^2 = \frac{GM_1}{4\pi^2}.$$

Это крайне важно для ситуаций, когда мы не видим звезды с большей массой, например в случае с черной дырой. Именно с помощью этого метода была вычислена масса черной дыры, находящейся в центре Млечного Пути.

В случае спектрально-двойных звезд можно рассчитать только массы, помноженные на наклон орбиты i, или угол между плоскостью орбиты и лучом зрения.

Если двойные звезды одновременно и спектральны, и фотометричны, могут быть получены особенно обширные данные. Возможно вычислить наклон орбиты, обе массы, а также расстояние между звездами и их радиусы.

Центр Солнца движется относительно центра тяжести Солнечной системы – барицентра. Это движение определяется двумя наиболее массивными планетами – Юпитером и Сатурном – и имеет вид почти круговых движений, согласованных с периодами обращения этих планет (около 12 и 29,5 года). Солнце удаляется от центра масс Солнечной системы на величину, приблизительно равную диаметру Солнца, и вращение происходит вокруг оси, которая, как кажется, расположена на поверхности планеты. Наблюдая за этим движением, можно

сделать вывод о существовании Юпитера, хоть он и невидим.

Этот факт очень полезен при обнаружении планет, не относящихся к Солнечной системе. Боковое смещение не несет особой информационной нагрузки, так как его непросто оценить, а вот движение по эллипсу может быть прослежено с помощью эффекта Доплера. Благодаря этим методам исследования были обнаружены многочисленные планетные системы, находящиеся за пределами Солнечной.

ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Хорошо известные нам протоны и нейтроны принадлежат к семейству частиц, называемых барионами. На современном этапе развития науки ученые полагают, что во Вселенной существуют и другие, более экзотичные компоненты, например небарионная темная материя и темная энергия. На долю барионной материи приходится всего 4 % Вселенной, на темную материю – 21 %, а темная энергия составляет – 75 %. Таким образом, материя, которую мы видим невооруженным глазом или с помощью телескопов, – малая часть того, что на самом деле наполняет Вселенную. Именно на такую мысль наводит серия наблюдений, например анизотропии космического микроволнового фона, ускорения Вселенной, кривой вращения спиральных галактик и др.

Как это связано с законами Кеплера? Темная материя изначально была обнаружена среди галактик, но одно из признанных доказательств ее существования – это вращение спиральных галактик, которое происходит слишком быстро. Если бы их тяготение было создано звездной массой и газом, оно не могло бы удерживать материю, которая движется с такой скоростью, на периферии, то есть большая центробежная сила не может быть уравновешена гравитацией, которую создает видимая материя.

Предположим, что автогравитация компенсируется центробежной силой:

$$\frac{GM}{r^2} = \frac{\theta^2}{r}.$$

Эта формула подводит нас к третьему закону Кеплера. Мы не можем применить ее сейчас, потому что используем выражение силы тяготения, действующее для точечной центральной массы,

например для Солнца, которое представляет собой практически точку в сравнении с размерами Солнечной системы. В пределах галактики материя распределена более равномерно.

Однако, анализируя ее периферию, можно считать, что вся масса сосредоточена в центральной точке. То есть предыдущая формула действительна на периферии и только на ней. Согласно ей:

$$\theta = \sqrt{GM} r^{-1/2}.$$

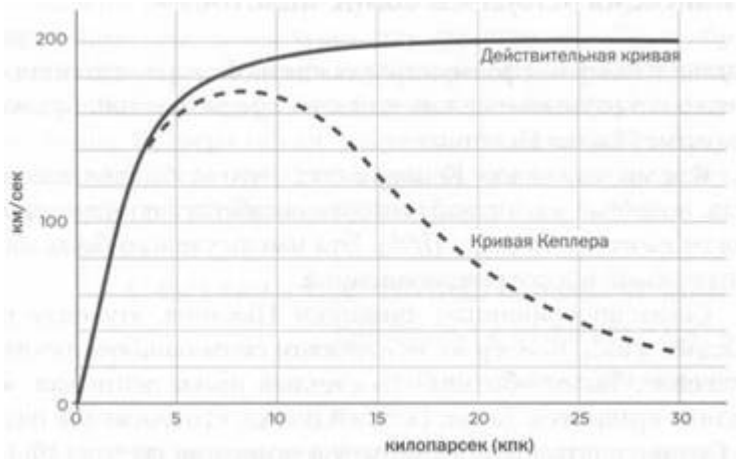
Описываемая этой формулой кривая вращения называется кривой вращения Кеплера.

Однако мы наблюдаем простое вращение, то есть на периферии скорость вращения не зависит от расстояния (см. рисунок на следующей странице). Но это означает, что галактики не повинуются третьему закону Кеплера. Вопрос о том, как это возможно, является одним из самых больших вопросов современной космологии. Если бы движение на периферии спиральных галактик подчинялось предыдущей формуле, согласно которой:

$$\theta \propto r^{-1/2},$$

мы легко могли бы рассчитать массу галактики. Но поскольку формула не работает, узнать массу нельзя. Более того, если в первой формуле θ будет постоянной, равенство невозможно: первый член уравнения зависит от r^{-2} , в то время как второй – от r^{-1} .

Как можно разрешить этот парадокс, следующий из третьего закона Кеплера? Наиболее распространено следующее объяснение: в галактиках есть большое количество темной материи, которую нельзя увидеть, но которая создает гравитацию. Эта темная материя должна была бы находиться в гало (светящемся кольце) со сферическим распределением, гораздо более расширенным по сравнению с видимой материей диска спиральной галактики. При такой протяженности гало мы уже не могли бы сказать, что наблюдаем за периферией, и это означает, что кеплеровское падение происходит на гораздо больших расстояниях, где уже невозможны наблюдения (см. рисунок).



Кривая вращения типичной спиральной галактики. Для маленьких радиусов эта кривая не соответствует кеплеровскому вращению, потому что гравитация не создается точечным центральным телом. Для больших радиусов кривая должна соответствовать кеплеровскому падению, однако она не убывает, а остается постоянной. Скорее всего, это связано с существованием массивного и протяженного гало темной материи.

Масса галактики неизвестна, потому что мы не знаем, какое количество темной материи в ней содержится. Материя темного галактического гало может быть в десять раз больше видимой материи и в десять раз протяженнее.

Существуют и другие теории для объяснения кривой вращения спиральной галактики. Согласно одной из них, неверна либо формула гравитации Ньютона, либо знаменитая формула второго закона Ньютона, $F = ma$. В обоих случаях третий закон Кеплера не выполнялся бы, поскольку он работает в границах Солнечной системы, но несправедлив для огромных размеров и ускорений, наблюдаемых на периферии галактики. Эта теория называется MOND (Modified Newtonian Dynamics), или модифицированная ньютоновская динамика. Другие теории предполагают, что на движение галактики воздействуют и иные силы, помимо гравитационной, например магнитная.

ГРАВИТАЦИЯ КЕПЛЕРА И СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА

Иоганн Кеплер не сформулировал никакой теории

гравитации, однако его размышления на этот счет предвосхитили будущее открытие Исаака Ньютона.

Как мы уже знаем, Кеплер считал, что от Солнца исходит сила, подобная магнитной, которая ослабевает по мере удаления от своего источника ($1/r^2$). Эта мысль ученого была абсолютно новой и даже революционной.

Согласно принципам динамики Ньютона, эту силу порождает масса. Кеплер же источником силы ошибочно считал вращение. Таким образом, его светлый разум осознавал, что Солнце вращается. Когда Галилей понял, что движение пятен на Солнце подтверждает гипотезу о вращении светила, он посчитал этот факт весомым аргументом в пользу своей теории гравитации, которую можно назвать гравитацией, порожденной вращением.

Солнечные пятна и их движение впервые наблюдали, скорее всего, китайские астрономы, хотя европейцы приписывают это открытие Галилею. Кеплер спустя два года после публикации труда Галилея также наблюдал пятно. Мы уже говорили, что ученый вместо телескопа использовал перфорированный лист картона и через линзу наблюдал за перевернутым изображением, появлявшимся на экране.

Однако в описываемом случае отверстие было проделано не Кеплером. И сегодня можно наблюдать, как случайные отверстия в витражах темных готических соборов создают эффект камеры-обскуры, проецируя на пол изображение Солнца со столь высоким угловым разрешением, что без труда можно наблюдать солнечные пятна. Во время посещения великолепного кафедрального собора в Регенсбурге ученый увидел подобное изображение на стене напротив витража. Кеплер заметил движение солнечных пятен и попытался привлечь внимание других посетителей к своему невероятному открытию.

Солнце вращается, – думал Кеплер. Эта способность к вращению передается через пространство, ослабевая обратно пропорционально квадрату расстояния. Конечно, до теории гравитации Ньютона было еще очень далеко, но смелые предположения Кеплера могли повлиять на гениального британца – если тот все же сумел обнаружить их в кипах бумаг, оставшихся после смерти немецкого ученого.

Счастлив я тем, что был первым человеком, который наблюдал в этом веке пятна на Солнце.

Иоганн Кеплер после описания солнечных пятен

Можно ли, исходя из современных физических представлений, считать, что предположение Кеплера о вращении

как источнике гравитации неверно? Отнюдь нет, так как искривление пространства происходит не только из-за массы, но также из-за момента и энергии, находящихся в тензоре энергии-импульса. Вращение создает момент, следовательно, искривление, а значит, и гравитацию. Безусловно, непросто найти связь между умозаключениями Кеплера и идеями Эйнштейна, но предвидение будущих открытий, свойственное великим исследователям, не может не восхищать.

В 1607 году некто наблюдал за траекторией Меркурия в непосредственной близости от Солнца. После грозы Солнце вновь появилось на небе, и его лучи проникли сквозь щели в стене дома. Мужчина взял лист белой бумаги и увидел перевернутое изображение Солнца. На нем была заметна «крошечная, почти черная точка, похожая на блоху». Рядом с мужчиной находился его друг, который также видел пятнышко. Скорее всего, это был… Меркурий! Явление редко наблюдаемое, в том числе из-за малого диаметра планеты. Меркурий пересекал солнечный диск! Эта новость была немедленно доведена до сведения императора. Помощник часовщика через отверстие в пластине также мог наблюдать точку. Он удостоверил это следующим образом:

«Генрих Штолле, младший помощник часовщика, собственноручно. Когда тучи рассеивались, было видно, что они проходят поверх точки, которая заметна на солнечном свету».

Кто же был этот мужчина, который поймал при помощи бумаги солнечный луч и сообщил императору о транзите Меркурия через солнечный диск? Конечно же, это был Иоганн Кеплер.

Однако на самом деле ученый увидел не Меркурий, а невероятных размеров солнечное пятно. Таким образом, первооткрывателем солнечных пятен в западной культуре должен считаться не Галилей, Давид Фабрициус или другой астроном, а Иоганн Кеплер, который, правда, неверно истолковал свои наблюдения.

КЕПЛЕР И ЭНТРОПИЯ

Термодинамика учит нас, что процессы имеют определенную направленность. Понятие энтропии появилось именно в рамках термодинамики и определяется как функция, характеризующая

меру необратимого рассеяния энергии, или меру отклонения реального процесса от идеального. Конечно, во Вселенной возможны необратимые процессы, нарушающие всеобщее равновесие, однако их вероятность крайне мала. Согласитесь, обычно не бывает такого, чтобы камни начали летать или земля в жаркий день вдруг покрылась льдом.

Кеплер не предвосхитил появление термодинамики и не высказал никакой идеи, ценной для понимания энтропии.

Однако поскольку понятия энтропии и необратимости определяются чисто интуитивно, нередко великие мыслители формулируют суждения, важные для объяснения эволюции Вселенной. Приведем цитату из введения в книгу Кеплера «О новой звезде в созвездии Змееносца», написанного переводчиками этого труда Видалем Гонсалесом Санчесом и Николасом Гарсией Эррерой. Они изложили забавную историю из жизни Кеплера:

«Именно вчера, в тот момент, когда я устал уже от работы, но все же продолжал обдумывать мысль об атомах, летающих в воздухе, супруга позвала меня ужинать. Она поставила передо мной блюдо с овощным салатом, приправленным солью, маслом и уксусом. «А вот если бы, – задал я вопрос, – все те предметы, что я вижу вокруг себя, оловянные тарелки, листья салата, крупинки соли, капли воды и масла, кусочки резаного яйца – все это поднялось бы в воздух и полетело? Этот полет длился бы вечность, но возможно ли было, чтобы в некий момент в будущем все вновь заняло свои места в салатнице?» Моя замечательная супруга Барбара дала лучший ответ на этот вопрос. Она сказала: «Но никогда не разместились бы они с такой элегантностью и в таком идеальном порядке, как сейчас».

ГЛАВА 5 Писатель

Каким был бы мир для наблюдателя на Луне? Благодаря воображению Кеплера его научные труды всегда отличались определенной художественностью, но в конце концов ученый занялся исключительно литературой, приправляя свои произведения толикой науки. Так появился первый образец научной фантастики. Герой книги Дуракот – не кто иной, как сам Кеплер. В этой книге ученый мягко подводит мир к идеям гелиоцентризма.

С самого детства Кеплер любил анаграммы и парадоксы и был покорен латынью. Всю свою жизнь он писал стихи, возможно, не имевшие большой литературной ценности, но всегда с соблюдением размера и рифм. Ему принадлежит элегия по случаю смерти Тихо Браге, а также Funera domestica duo luctuosissima («Две скорбные семейные смерти») в память о покойных первой супруге и сыне. Последнее произведение заканчивается словами:

> Не мечтай промедлить.
> Торопись уйти в могилу,
> так ты вступишь в жизнь.

Проза Кеплера пространна, в ней смешаны математические, религиозные и литературные мотивы, она изобилует красивостями и затейливыми сравнениями. Так, защищая астрологию, репутация которой страдает из-за плохих астрологов, ученый рекомендует нам, выбрасывая колыбель, проверить, не лежит ли в ней ребенок. Автор повышает драматический накал повествования, например, говоря, что когда он получил известие об обвинении матери в колдовстве, то почувствовал, как «его сердце разбилось на мелкие осколки, которые запульсировали во всем теле».

Телескоп ученый описывает следующим образом: «О, мудрейшая труба, самый ценный из всех скипетров! Не король ли, владыка Божий тот, кто держит тебя в своей деснице?» Он говорит: «Эти затмения – глаза астрономов […], эта темнота освещает души смертных […] и восхваляет тень».

Кеплер точен и убедителен, когда доказывает свои заслуги в открытиях, и часто очень суров в суждениях о несогласных с ним, например о розенкрейцерах и каббалистах, которых он называл «безмолвными сверчками». В сочинении «О новой звезде в

созвездии Змееносца» он обрушился и на несчастного Джордано Бруно, обвинив его в том, что тот запятнал имя Коперника и репутацию астрономии.

Словом, Кеплер был неравнодушен к литературности, и эта тяга была неотделима от любви к исследованиям. Но все творческие наклонности ученого не стоили бы отдельной главы, если бы он не стал автором первой в мире книги, написанной в жанре научной фантастики.

SOMNIUM («СОН, ИЛИ ЛУННАЯ АСТРОНОМИЯ»)

В этом сочинении, которое носит название Somnium. De astronomia lunari («Сон, или Лунная астрономия»), Кеплер попытался описать, как увидел бы мир селенит, лунный житель. Эта тема была отнюдь не проста даже для астронома, имевшего огромные знания о Вселенной. При этом следует помнить, что слабые глаза ученого давали ему искаженное изображение, однако в его разуме каждое небесное тело находило свое место на звездной карте.

Кеплер стремился защитить модель Коперника, доказывая, что селенит может считать, что он находится в центре Вселенной. С другой стороны, в художественном произведении ученый мог позволить себе выражать самые разные гипотезы, не утруждаясь объяснениями.

Это короткое сочинение было опубликовано уже после смерти Кеплера, однако его черновой вариант распространялся еще до того, как произведение было закончено. В финальную версию автор включил такое количество пояснений, что их объем превысил объем основного текста.

Кеплер сам говорит об источниках, которые вдохновили его: к ним относятся труд Плутарха «О лике на лунном диске» и работа Лукиана из Самосаты «Истинное происшествие». Сам Джордано Бруно в работе «О безмерном и неисчислимых» предпринимает путешествие на Луну, чтобы увидеть, как Вселенная выглядит оттуда. Кеплера могло вдохновить и вымышленное путешествие лиценциата Торральбы, упоминаемое в романе Сервантеса «Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский». Однако в любом случае это было оригинальное произведение, имевшее огромную важность в истории физических понятий.

В книге повествуется о том, что Кеплеру снится сон, в

котором появляется главный герой – исландец по имени Дуракот. Его мать зовут Фиолксильда, отец умер в возрасте 150 лет, когда Дуракоту было только три, то есть отца он не знал, и мать никогда даже не упоминала о нем:

«Собирая с соблюдением множества ритуалов некоторые травы, мать затем сушила их дома. Она шила мешочки из козлиной шкуры, набивала их травами и носила на продажу капитанам судов в расположенную неподалеку от нашего дома гавань»[1 Здесь и далее перевод Ю. А. Данилова. – Примеч. ред.].

Уже по этому описанию можно сделать вывод, что Фиолксильда была ведьмой.

Молодой Дуракот открыл один из мешочков, и Фиолксильда не нашла для него покупателя. Рассерженная, она продала собственного сына капитану корабля. Этот корабль, подгоняемый ветрами, был вынужден встать на причал на острове Вен, где жил астроном по имени Тихо Браге; он принял у себя мальчика и стал учить его астрономии. Через пять лет Дуракот решил вернуться на родину, в Исландию. Там он встретился с матерью, которая давно раскаялась в своем поступке.

Фиолксильда очень обрадовалась тому, что ее сын узнал астрономию, поскольку она тоже освоила эту науку благодаря демонам, с которыми посетила разные страны. Дуракот захотел отправиться в путешествие, и его мать стала взывать к демону Левании (Левания – это название Луны в романе). Тот рассказал мальчику, как совершить путешествие в Леванию.

Выдержать такую поездку могли не все люди. Лучше всего справлялись с ней сухощавые старушки, так как они привыкли разъезжать по ночам верхом на козле или, сидя на ветхом плаще, преодолевать громадные расстояния. «Ни один германец не пригоден для путешествия в Леванию, но мы не отвергаем крепких телом испанцев». В одном из примечаний Кеплер уточняет:

«Германия славится дородностью и обжорством, а Испания – остроумием, проницательностью ума и темпераментом. Следовательно, если бы германцу и испанцу случилось бы заняться точными науками, к которым принадлежит и астрономия (в особенности излагаемая мной в этой книге лунная астрономия, занимающая несколько необычное положение, поскольку наблюдатель находится как бы на Луне), то испанец оказался бы впереди».

Путешествие в Леванию длится четыре часа, хотя это небесное тело находится в 50 тысячах немецких миль (одна немецкая миля равняется 7,4 километра; так что цифра, которую Кеплер дает округленно, вполне соответствует реальности). Дуракот с помощью демонов переносится в Леванию, и здесь начинается описание небосвода. Оно очень подробное и педантичное, Кеплер рассказывает даже о прецессии Луны.

АСТРОНОМИЯ С ЛУНЫ

С Луны видна Вольва (так в романе называется Земля). Вернее, видят Вольву только обитатели одного полушария. Это лунное полушарие носит название Субвольвы. Жители другого полушария, Привольвы, Землю не видят никогда. Субвольва и Привольва разделены огромным кругом, который проходит через полюса Левании. Жители обоих полушарий видят те же неподвижные звезды, что и мы, однако они могут наблюдать более сложные движения планет.

День и ночь здесь длиной с земной месяц, причем жаркий день превращается в холодную ночь, и разница температур сильнее в Привольве. Смены времен года не существует.

Обитатели Субвольвы имеют некоторые привилегии: для них Вольва неизменна на небе, она неподвижна. Так, они с легкостью определяют долготу места. Известно, что на Земле в начале XVII века долготу определить было нельзя, так как не существовало достаточно точных часов, и король Испании даже объявил о премии для того, кто решит эту задачу.

Субвольванцам не нужны часы. Они знают, который час (в рамках их дней длиной в месяц), наблюдая за фазами Вольвы. Этот метод несовершенен, так как это часы с нерегулярным ходом (точно по второму закону Кеплера). Однако селениты могут видеть, как Вольва регулярно делает оборот, так что они научились распознавать ее рельеф.

Субвольванцы говорят, что на Вольве есть две темные части (Евразия и Америка), разделенные ярким поясом (Атлантический океан). Форма пятна с трудом поддается описанию. С восточной стороны оно напоминает человеческий профиль (Африка), наклонившийся, чтобы поцеловать девушку (Европа), одетую в длинные юбки (Черное море и Московия), а она, протянув назад руку (Британия), манит к себе бегущую кошку (Скандинавия), которая готовится прыгнуть. Самая западная часть (Америка) –

это колокол (Южная Америка), подвешенный за тонкую веревку (Центральная Америка)… Эти формы рельефа представляют идеальные часы.

Вольва в четыре раза больше Левании, видимой с Земли, а ее поверхность, таким образом, в 16 раз больше. Солнечные затмения на Левании более часты и длительны из-за большого углового размера Вольвы.

Когда заходит Солнце, ночь в Субвольве длится 14 земных дней и ночей, но Вольва освещает почву и защищает ее от холода. А днем, хотя Солнце не заходит 15 или 16 земных дней и ночей, оно меньше земного Солнца и поэтому не обжигает. «Находясь в соединении, оба светила притягивают всю воду в полушарие Субвольвы. Все исчезает под водой, и лишь небольшие островки выступают кое-где над ее поверхностью».

Эта фраза Кеплера имеет огромную важность: он нам говорит, что Солнце и Вольва оказывают гравитационное воздействие на воды Левании! Возможно, ученый имеет в виду приливы и отливы, однако это не что иное, как дифференциальная гравитация. Итак, мы видим, что концепция гравитации витала в воздухе, вот-вот готовая появиться из-под неутомимого пера Кеплера.

Привольва более холодная и сухая, хотя днем воды Субвольвы частично возвращаются в Привольву, немного ее освежая. Затем Кеплер переходит к описанию жизненного уклада обитателей Левании, их привычек и необходимости пребывать в пещерах из-за длинного дня и ночи.

И, естественно, – эту идею Кеплер стремится передать в своем «Сне» – демоны Левании считают само собой разумеющимся, что Левания является центром Вселенной и что другие планеты, кроме Солнца и самой Вольвы, вращаются вокруг нее. Это короткое сочинение заканчивается пробуждением Кеплера ото сна.

СПУТНИЦЫ ЖИЗНИ КЕПЛЕРА

Нам мало известно о женщинах, которых ученый встретил в своей жизни. Видимо, он не придавал особого значения любви или же просто стремился защитить свою частную жизнь. В гороскопе, который астроном составил для самого себя, написано:

«1591. Холода принесли новую вспышку чесотки. Когда Венера

была в седьмом доме, я помирился с Ортолфусом; когда она вернулась, я представил их друг другу. Когда она вернулась в третий раз, мы вновь поссорились, потому что я страдал от любовной раны. Начало любви: 26 апреля».

В гороскопе есть также запись о 1592 годе, когда Иоганну был 21 год: «Мне предложили познакомиться с девушкой. Встреча прошла в канун Нового года. Я с трудом выдержал, так как меня мучили острые боли в желчном пузыре». Больше о юношеских увлечениях великого ученого ничего не известно.

Нельзя сказать, чтобы он был в восторге от своего первого брака с Барбарой Мюллер, заключенного в 1597 году. Впрочем, нам доподлинно неизвестно, как именно звучала фамилия первой супруги Кеплера – Мюллер или Мюлек. Ее отец, хозяин мельницы в Мюлеке, был очень богат, а сама невеста, хотя ей было всего 23 года, уже дважды овдовела. Будущему свекру была не по душе идея выдать дочь замуж за человека, как он говорил, столь скромного происхождения, под чем мельник подразумевал, что у Кеплера не было за душой ни гроша. Однако друзья ученого, выступавшие в качестве посредников, сумели убедить отца Барбары.

В этот момент сам Кеплер находился в Штутгарте, занимаясь моделью чаши с небесным сводом и пересекающимися орбитами планет. Друзья попросили его незамедлительно приехать, ибо дата свадьбы была уже назначена. Однако ученый вернулся в Грац лишь через три месяца, когда невеста уже отчаялась его увидеть и передумала выходить замуж. Друзья астронома сумели смягчить Барбару и ее отца, и в конце концов 26-летний Кеплер женился. Словом, чаша интересовала ученого гораздо больше, чем собственная свадьба.

«Она была глупа и неприветлива, имела характер, склонный к одиночеству и меланхолии»,

– так писал Иоганн Кеплер о своей первой супруге Барбаре.

Однако богатое приданое сыграло свою роль. Ученый отнюдь не презирал деньги, необходимые хотя бы для того, чтобы заниматься научной деятельностью. Отец Барбары, со своей стороны, никогда не был особенно щедр ни с дочерью, ни с ее мужем-мечтателем. «Ей несправедливо не дают распоряжаться имуществом, и она может рассчитывать лишь на услуги плохонькой служанки», – рассказывал Кеплер Гансу Георгу Герварту фон Гогенбургу, с которым поддерживал длительную переписку.

Барбара была красива, «недалекого ума и плотного сложения», однако добродетельна, честна и скромна. Как рассказывал сам Кеплер, его «брак был более спокойным, нежели счастливым, хотя и не лишенным любви и душевности». Зная крайнюю прямолинейность ученого, можно предположить, что его в общих чертах устраивала семейная жизнь, которая приносила определенную гармонию и не мешала научным занятиям, хотя и счастливой ее не назовешь. По всей видимости, мир в семье Кеплеров был непродолжительным, потому что астроном порой описывал свою семейную жизнь как ад. Словом, проблем у Кеплеров было немало, и вызваны они были несовместимостью характеров, нехваткой денег, болезнями обоих супругов, смертью первых детей и религиозными гонениями, которые семье пришлось пережить. Гороскоп Барбары известил ученого о «грустной и несчастной судьбе». До свадьбы он писал Мёстлину:

«Мне придется потратить большую сумму денег, так как здесь существует обычай справлять пышные свадьбы. И, если Бог даст мне еще сколько-то лет жизни, я окажусь навсегда привязанным к этому месту (…), потому что у моей супруги здесь собственность и друзья, и здесь живет ее обеспеченный отец. Кажется, через несколько лет мне и жалование уже будет не нужно».

Это письмо не похоже на письмо влюбленного. К чести Барбары, она была приятна в общении и вела себя как любящая женщина, хотя они с мужем и не понимали друг друга. Барбару абсолютно не интересовала астрономия, она не вполне представляла, чем занимается супруг, и не понимала его стремления проводить все время за книгами и научными трудами. Сама она читала лишь молитвенник и часто нарушала уединение ученого, призывая его заняться домашними хлопотами. Со временем Кеплер перестал спорить, научился молчать и проявлять терпение.

Пара очень ждала первого ребенка, так как гороскоп предсказывал ему многочисленные успехи в жизни. Но младенец скончался в возрасте двух месяцев. Дочь Кеплеров, как и старший сын, умерла от менингита. Выжили всего двое детей, которые вместе с дочерью Барбары от предыдущего брака, Регионой, были первой семьей Кеплера. Барбара стала терять память и умерла в возрасте 37 лет. В тот же год умер и еще один их сын.

То немногое, что мы знаем о Барбаре, взято из записей Кеплера. А вот о его второй жене, Сюзанне Рюттингер (1595-1635), неизвестно вообще ничего: Кеплер не упоминает о ней, что может быть истолковано как отсутствие интереса или же,

напротив, как признак гармонии в семейных отношениях. Сюзанна была сиротой. На момент замужества, в 1613 году, ей было 24 года. Астроном не говорит ни о ее скромности, ни о других добродетелях, однако именно на нее пал выбор Кеплера среди 11 (!) кандидаток в жены.

В браке с Сюзанной у Кеплера родилось семеро детей. Мы не знаем наверняка, был ли ученый хорошим мужем, однако сами за себя говорят некоторые его поступки. Когда Кеплер направился в Ульм в поисках издателя для Рудольфовых таблиц, он оставил Сюзанну с детьми в Регенсбурге и вернулся лишь спустя 10 месяцев. Почти сразу же он уехал в Прагу, где пробыл еще пять месяцев. А затем отправился в Линц. Можно только посочувствовать Сюзанне!

Наконец семья устроилась в Сагане и уже не испытывала денежных затруднений. Именно в этот момент ученый, видимо, находившийся в не совсем адекватном состоянии, внезапно уехал в неизвестном направлении, взяв с собой книги и значительную сумму денег. Через некоторое время он скоропостижно скончался в Регенсбурге. По всей видимости, женщины неспособны были соперничать с двумя настоящими возлюбленными Кеплера, Венерой и Луной.

Якоб Барч, помощник и ближайший соратник астронома, который впоследствии стал мужем его падчерицы Регины, повел себя с вдовой в высшей степени благородно, пытаясь, хоть и без особого успеха, собрать деньги, которые Кеплер должен был получить за издание своих последних трудов. Валленштейн тоже заплатил Сюзанне 250 флоринов, которые был должен Кеплеру, однако потом особо не интересовался судьбой его семьи. В Регенсбурге на могиле ученого собрались Сюзанна, Барч и сын Кеплера Людвиг. Барч помог вдове переехать во Франкфурт, где она и доживала свои дни в нищете, так и не получив всех денег, причитавшихся ее мужу.

ВЫБОР ПРЕТЕНДЕНТКИ

Выбор невесты Кеплер подробно передал в своем достаточно несерьезном письме, адресованном некоему неизвестному дворянину. Он приводит холодный и беспристрастный разбор качеств одиннадцати кандидаток.

В действительности ученый не был уверен в своем выборе

и потому колебался, прислушивался к друзьям и советчикам, однако в итоге все равно поступил по-своему. Сначала он решил, что, так как уже немолод, в жены стоит взять вдову, может быть, одну из подруг Барбары. Однако у той вдовы, которую ему подыскали, «плохо пахло изо рта», что «могло быть симптомом внутренней болезни». Тогда Кеплер решил обратить внимание на девушек помоложе и даже подумывал, не жениться ли ему на дочери одной из претенденток. Но она показалась ему слишком богатой и слишком молодой. Третья претендентка приняла предложение, но жених вскоре передумал. Четвертая была высокой, хорошо сложенной, с богатым приданым, но появилась пятая невеста, Сюзанна, скромная, бережливая и трудолюбивая. Кеплер, казалось, предпочел ее, но затем решил вернуться к четвертой невесте. Однако та устала от его нерешительности, и ученый получил отказ. Тогда он вновь обратил свой взор на Сюзанну, но падчерица ученого Регина считала, что отчим должен стремиться к большей знатности и богатству, и он начал искать себе такую жену. Однако шестая претендентка показалась ему слишком амбициозной, и Кеплер побоялся больших расходов на свадьбу. Седьмая и восьмая были красивы и знатны. Кеплер, который все не мог решиться, предлагал восьмой кандидатке руку и сердце семь раз. Девятая невеста показалась ему болезненной. Десятая происходила из уважаемой и богатой семьи, но была некрасива, «невелика ростом и толста». Одиннадцатая всем нравилась Кеплеру, но… была слишком молода. В конце концов ученый вернулся к пятой кандидатке, Сюзанне. «Исчерпав все советы друзей, я в последний момент перед отъездом в Регенсбург вернулся к пятой претендентке, дал ей мое слово, и она дала мне свое». В итоге Кеплер, к великому неудовольствию друзей и Регины, связал свою жизнь с Сюзанной, девушкой незнатной и бедной.

Барбара Мюллер, первая жена Кеплера. После ее смерти астроном вступил в брак с Сюзанной Рюттингер.

СМЕРТЬ КЕПЛЕРА

В предыдущей главе мы оставили Кеплера с семьей в Сагане. Он наконец стал регулярно получать жалованье, финансовые затруднения остались позади, но теперь Кеплер был недоволен бедной культурной средой города. Кроме того, до Сагана тоже добралась Контрреформация, лютеранские школы стали переходить к иезуитам, и семья астронома столкнулась с уже знакомыми проблемами.

У ученого в Сагане была собственная типография, а Валленштейн помогал ему доставать бумагу по сходной цене. Лютеранская церковь по-прежнему не признавала Кеплера, а кроме того, за ним следили и католики. Ученый же стоял на своем, сохраняя верность церкви, которая отвергала его, и не принимал католичества, распахнувшего ему свои объятия. Кеплер свято верил в свободу толкования Библии и надеялся на единение всех христиан. Он воспользовался связями для того, чтобы его ассистент Якоб Барч получил кафедру в университете Страсбурга; там Регина и Якоб поженились. Сам ученый на торжестве не присутствовал, так как Сюзанна должна была разрешиться от бремени.

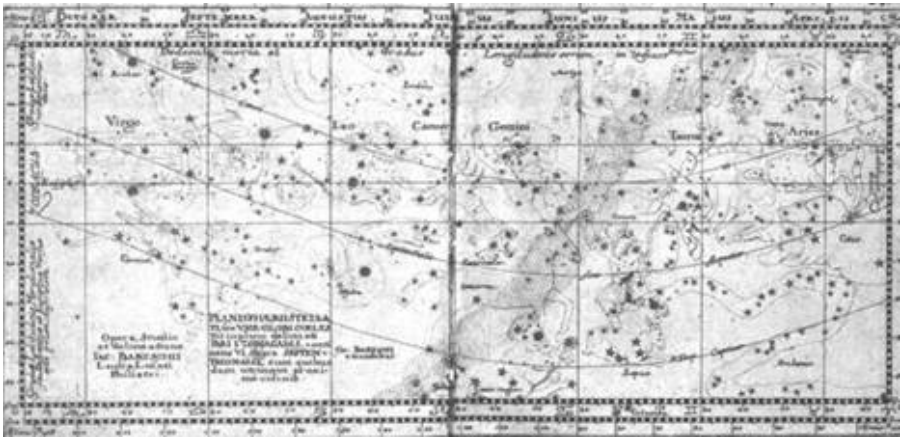
В июле 1630 года Кеплер без видимой причины отправился в Линц. Предположительно он хотел получить причитающиеся ему деньги, однако вместе с книгами он захватил из дома значительную сумму, как если бы он искал новое место для своих исследований. По пути астроном посетил друзей в Лейпциге и

Нюрнберге, а затем заехал в Регенсбург, где побывал на приеме у императора.

Однако астроном предчувствовал близкую смерть: он заметил, что расположение звезд было таким же, как и при его рождении. На первый взгляд, это не сулило ничего ужасного, однако Кеплер был ипохондриком, и его часто посещали мысли о смерти. На этот раз ученый оказался прав: его сразила странная болезнь, и через несколько дней, 15 ноября 1630 года, Кеплер умер. Даже в последние дни жизни он не отрекся от своих религиозных убеждений, несмотря на все усилия католических священников, которые предлагали ему исповедаться на смертном одре. Как они позже рассказали, в забытьи Кеплер указывал пальцем то «на свой лоб, то на небесный свод над собой». Совершенно очевидно, что разум ученого был живее, чем когда бы то ни было: перед лицом смерти он ясно давал понять, что вся его жизнь была полетом разума в высоту, к небесам, туда, где находился мир или где находился Бог, что для Кеплера было едино.

Кеплер скоропостижно умер в Регенсбурге в 1630 году от странной болезни. На иллюстрации изображена комната, в которой он скончался.Там можно увидеть личные вещи

исследователя и глобус.



Panispayheri stellati, произведение Якоба Барча, молодого ассистента Кеплера, который женился на его падчерице Регине. После смерти астронома он взял на себя защиту интересов семьи.

Будто для того, чтобы жизнь астронома получила достойное завершение, с ним пришли проститься и друзья-звезды. В день похорон произошел необычайно яркий метеоритный дождь, а на следующий день наблюдалось лунное затмение. Некоторые могли воспринять эти явления как признательность небес тому, кто столько времени уделил их изучению.

Лютеранская церковь простила Кеплера и разрешила похоронить его на лютеранском кладбище в пригороде Регенсбурга. Однако сегодня кладбище разрушено, и где сейчас находятся останки ученого, неизвестно. Эпитафией Кеплеру стала написанная им самим фраза:

Mensus eram coelos, nunc terrea metior umbras.
Mens coelestis erat, corporis umbra yacet.
«Я небеса измерял; ныне тени земли измеряю.
Дух мой на небе жил; здесь же тень тела лежит».

Список рекомендуемой литературы

Anguita, F., Castilla, G., Cronicas del Sistema Solar, Madrid, Equipo Sirius, 2010.

Battaner, E., El astronomo y el templario, Barcelona, Nabla Ediciones, 2010.

Que es el Universo? Que es el hombre?, Madrid, Alianza Editorial, 2010. -: Planetas, Madrid, Alianza Editorial, 1991.

Carrasco, E., Carraminana, A., Del Sol a los confines del Sistema Solar, Fondo de Cultura Economica, 2005.

Caspar, M., Kepler, Madrid, Acento, 2003.

Ferris, T., La aventura del universo, Barcelona, Critica, 2007.

Galilei, G. y Kepler, J., La gaceta sideral y Conversaciones con el mensajero sideral, Madrid, Alianza Editorial, 2007.

Gamow, G., Biografta de la ftsica, Madrid, Alianza Editorial, 2007.

Gribbin, J., Historia de la ciencia, 1543-2001, Barcelona, Critica, 2003.

Kepler, J., Sobre la estrella nueva, Malaga, Encasa, 2008. -: El sueno o la astronomta de la Luna, Universidades de Huelva y Sevilla, 2001.

Koestler, A., Kepler, Barcelona, Salvat Editores, 1987.

Kragh, H., Historia de la cosmologia, Barcelona, Critica, 2008.

Lara, L., Introduccion a la ftsica del Cosmos, Editorial Universidad de Granada, 2007.

Указатель

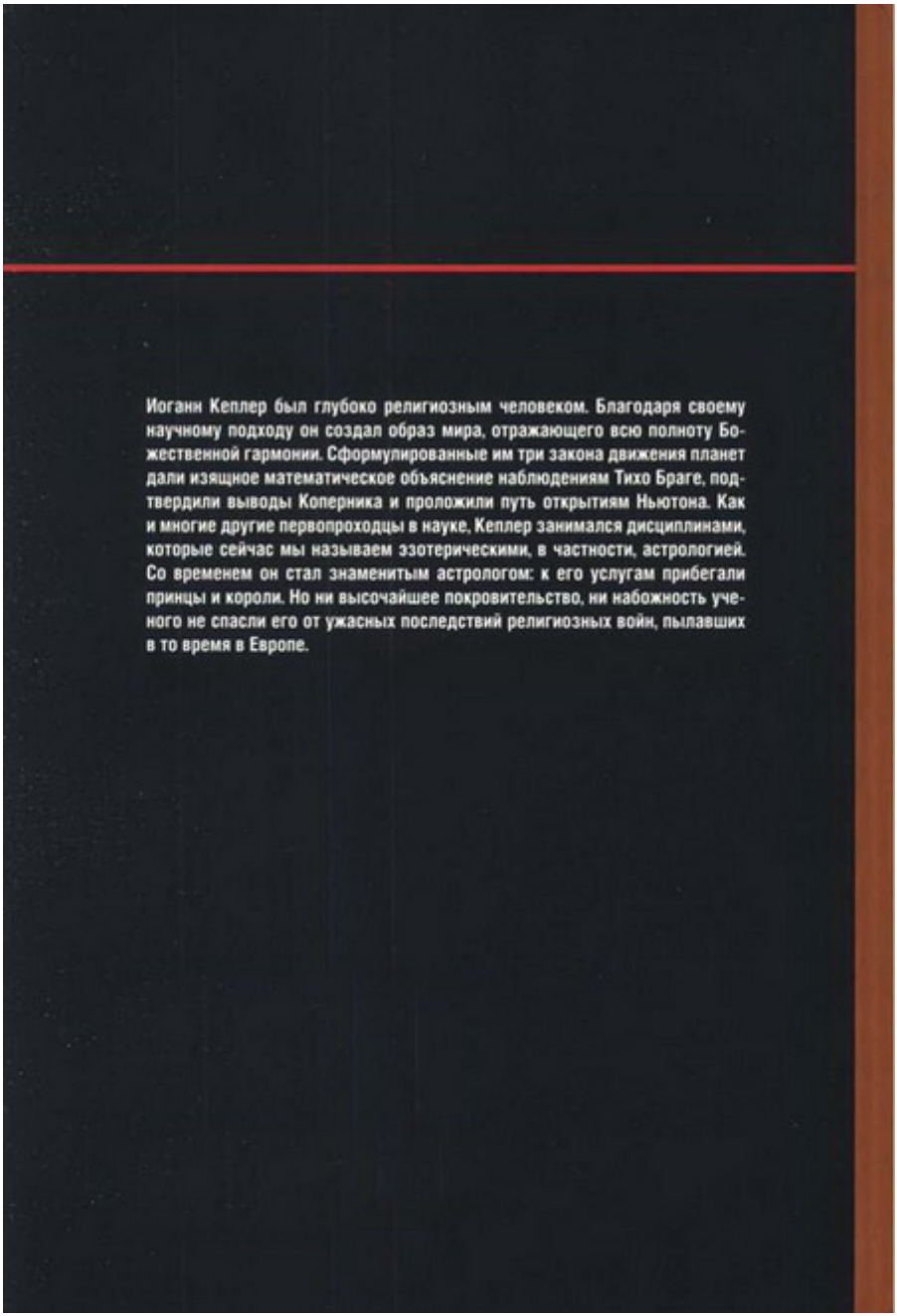
Astronomia nova 17, 60, 61, 89
De Stella nova in pede Serpentarii 17,104, 105,142
Dioptrice 17, 71, 74, 105
Epitome astronomiae Copemicanae 17, 25, 67,68
Funera domestica duo luctuosissima 141
Harmonices mundi 17,35-39, 60, 61, 65, 89
Mysterium cosmographicum 17, 28-35, 47, 68,102,109
Sidereus Nuncius 68, 90,91
Somnium 142
Wertxian Tongkao 106
Аверроэс 94,95
адаптивная оптика 97

Аз-Заркали 62, 75
аккреционный диск 127
альманах 28, 41, 110
Альфонс X 75,94,106
Альфонсовы таблицы 75
аналемма 123
апсиды 56, 62
Аристарх Самосский 94
астральная карта 11, 27, 42
астрология 10, И, 14,15,19, 28,41-43, 47,68, 69, 76,103,141
астрономическая единица (а.е.) 58
астрономия 7-9,11, 19, 25-28, 35, 41, 45, 47, 60, 67, 68, 71, 76, 81,86,90, 92,110,111,142,144, 149
Астрофизика И, 68, 81,117
аугсбургская конфессия 21, 24
афелий 56, 57, 62, 64, 87,90
Барч, Якоб 150,152,153
белый карлик 104
Бенатек 47, 76
Большой взрыв 40
Браге, Тихо 8,13,14,17, 30, 34,39, 43, 45, 47-52, 54, 55, 60, 69, 70, 75, 78, 79, 86, 92,94,100,106,108,141,144
Бруно, Джордано 10,35,53, 67,94,97, 100,142,143
Вайль-дер-Штадт 15,17, 21, 22, 26,31
Валленштейн 17,115-117,150,152
ведьма, колдовство 17, 22,50,84,85, 141,143
Вен 8,47,49,144
Венера 29, 33,48, 59, 66, 69, 70, 71,103, 106,107,118,147,150
Вольва 145-147
восьмая сфера 27, 32,34
Вюртемберг 21, 31, 83
Галилей, Галилео 10,14,15, 34,35,48, 53,67-71, 74,81,83,90-93,95-97, 99,102,103,105,134,136
Винченцо 35, 67, 68, 69
Галлея, комета 110,124
гармония 14,30,35-37,40,148,150
Гаусс, Карл Фридрих 37
гелиоцентризм 15, 53,95, 97,139
геоцентризм 53
Гильберт, Уильям 89, 96
гипербола 63
городской математик 17, 26, 44, 50, 116
гороскоп 22, 28, 41-43, 115,116, 147, 149
Грац 8,9,15,17, 26, 27,33-35,43,44, 50, 52, 54,55,76,117,148

двойные звезды 128-130
дифракция 96,98,99
дифференциальный анализ 60, 64
Доплера, эффект 40,129,130
Евклид 35, 37
законы планетарного движения 11,12, 67, 68, 75, 86
первый 11,17, 56, 60-62, 64, 124-126
второй И, 12, 17, 57,61,62, 64,119, 121,122,145
третий 11,17,34,37,39,56-60, 65, 88, 111,120,127,131-133
затмение 24, 74, 75, 94,142,146,154
звездчатые многогранники 38, 39
Земля 8-10,13, 27, 29,39,45,48,49,53, 58, 59, 62,66,67,70,72,87-92,94, 95,100,101,103,104, 110,117-121, 124,126,128,145,146
зодиак 42
Иглесиас-Грот, Сусанна 38
иезуиты 9, 24, 44, 105,116,152
инквизиция 10, 53, 67
католицизм 10, 44, 78,152
квадратура 43, 70
комета 24, 63,110,122-124
конические фигуры 63
Контрреформация 23, 44, 67,84, 113, 114,117,152
Коперник, Николай 7, 9,10,13,14,17, 25, 29, 32, 34, 43, 48, 49, 51, 53, 62, 67, 75, 79,94-96,142
космический микроволновой фон, CMB 38,40,131
космологический принцип 27
космос 29, 34,94-96,148
Коши, Огюстен Луи 38
красный гигант 104
кривая вращения 131-133
Кузанский, Николай 26, 27, 53, 94, 96
Левания 144-146
линза 73,74,92,93,97
Линц 8,9,13, 15, 17, 52, 67, 78, 83, 84, 113,114,116,117,150, 152
Луна 12, 22, 24, 33, 48, 49, 71, 72, 74,87, 128,139,142-145,150,154
Лютер 9,10,85
Магеллановы, Облака 38,102
магнитная, сила 88, 89,133,134
Максвелл, Джеймс Клерк 56
Маульбронн 17, 26
межзвездная среда 38, 40,100-101,108

Меркурий 29, 33,43, 48, 59, 62, 66, 70, 72,103,118-121, 125,135, 136
Мёстлин, Михаэль 25, 33, 34,41, 52, 86, 87,95,149
Млечный Путь 102, 108, 125-127,130
многогранник 30, 32, 38, 39, 68
модифицированная ньютоновская
динамика, MOND 133
музыка 35-37, 40, 61
Мюллер, Барбара 17, 43, 147, 148, 151
наклон орбиты 130
неподвижные звезды 11, 32, 53, 74,91, 92,95-98,100,101,108,110,145
новая звезда 100,103,107,108
Ньютон, Исаак 12-14, 19, 45, 58, 62,86, 88,89,128,133-135
общая относительность 40,102,125
огненный треугольник 107,109
Ольберса, парадокс 96, 99-101
«Оптика» 14, 71, 77,92
Оорта, Облако 110, 122
оппозиция 70
Оптика 17, 71-73,97,111
орбита 11, 29, 32-34, 49,56-58, 60-62, 64, 65,72,91,94,101,102,117,120,
124,125,126,129,130,147
пепельный цвет Луны 95
парабола 63
перигелий 49, 56, 57, 62, 64,87,90,120, 123,125
период обращения 58,119,128
периодизация мира 109
планета 9-12, 29, 30, 32-36, 38, 39,43, 45,48, 53, 56-60,63-66,68-70,72, 74, 79,87, 88, 90-92, 98,102,103, 107,108,110,117-121,124,125, 128,130,135,145,146,152
Плутон 66, 118, 126
познаваемые многоугольники 37
полуоси эллипса 57,129
правильные фигуры 16, 29, 30, 33-36, 68,102,147
Прага 8,9,15,17, 47, 50, 52, 54, 55, 68, 71,76, 77,83,91,110,114-117,150
Привольва 145,146
придворный математик 11,15, 47, 54, 71,84,103
приливы и отливы 90,119,120,146
Птолемей 9,14,36,48, 79,94
радиотелескоп 40
разрешающая способность 96-98,100

рефракция 72, 73,96
Рудольф II 13,17, 23,47, 50, 55,74-78, 83,84,109
Рудольфовы таблицы 13,17, 51, 54, 55, 73-79, 84,114,150
Рюттингер, Сюзанна 17, 149,151
Саган 9,15,17,115,117,150,152
Сакса – Вольфа, эффект 40
Сатурн 29, 33, 43, 59, 71,101,103,107, 109,118,124,130
Сириус 22
Снеллиуса – Декарта, закон 73
Солнечная система 110, 117, 128, 130, 131
солнечные пятна 65,88,134-136
Солнце 8,9,11,12,27,29,30,33,34,45, 48,53,56-59,62-65, 70, 72,74,87, 88,90, 94,95,97, 98,100,101,103, 104,110,117-26,128,130,131, 134-136,146
Сото, Доминго де 66
спутники 71,92,102-103,119,128
Субвольва 145,146
сверхновая 17,103-108
телескоп 8, 68, 69, 71, 74,90-93,95-98, 102,105, 142
темная материя 111,131-133
Тенгнагел 76, 78
тензор энергии-импульса 135
Толедские таблицы 75
транзит 136
туманность 38,102,106
тяготение 12, 86-90, 119,130, 131
Ульм 17, 78, 79, 114, 150
уравнение времени 121-123
Ураниборг 8,47, 51
Фабрициус, Давид 87,136
фуллерен 38 Холл, Асаф 71
чаша мира 33
черная дыра 125,127
Эйнштейн, Альберт 49,125,135
эксцентриситет 57, 60, 63,117,118,122, 124, 126
эллипс 11,56,57,63-64,125,129,130
элонгация 70
энтропия 136,137
Юпитер 29,33,59,71,92,102,103,107, 109,118,124,130


Иоганн Кеплер был глубоко религиозным человеком. Благодаря своему научному подходу он создал образ мира, отражающего всю полноту Божественной гармонии. Сформулированные им три закона движения планет дали изящное математическое объяснение наблюдениям Тихо Браге, подтвердили выводы Коперника и проложили путь открытиям Ньютона. Как и многие другие первопроходцы в науке, Кеплер занимался дисциплинами, которые сейчас мы называем эзотерическими, в частности, астрологией. Со временем он стал знаменитым астрологом: к его услугам прибегали принцы и короли. Но ни высочайшее покровительство, ни набожность ученого не спасли его от ужасных последствий религиозных войн, пылавших в то время в Европе.

Иоганн Кеплер был глубоко религиозным человеком. Благодаря своему научному подходу он создал образ мира, отражающего всю полноту Божественной гармонии. Сформулированные им три закона движения планет дали изящное математическое объяснение наблюдениям Тихо Браге, подтвердили выводы Коперника и проложили путь открытиям

Ньютона. Как и многие другие первопроходцы в науке, Кеплер занимался дисциплинами, которые сейчас мы называем эзотерическими, в частности, астрологией. Со временем он стал знаменитым астрологом: к его услугам прибегали принцы и короли. Но ни высочайшее покровительство, ни набожность ученого не спасли его от ужасных последствий религиозных войн, пылавших в то время в Европе.